

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

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи магістра  
на тему : Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти  
у Зіньківській ОТГ Полтавської області

Виконав: студент гр. 601-НТ  
спеціальності 144 Теплоенергетика

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р. \_\_\_\_\_ Ландик Ю.Г.

Керівник

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р. \_\_\_\_\_ Гузик Д.В.

Допустити до захисту:

завідувач кафедри "Теплогазопостачання,

вентиляції та теплоенергетики" \_\_\_\_\_

к.т.н., проф. Голік Ю.С.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

Полтава - 2025 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.**

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2024 року

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Ландик Юрій Григорович

Тема проекту: Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зіньківській ОТГ Полтавської області.

1. Керівник проекту Гузик Д.В. к.т.н..кафедри ТГВ затверджені наказом вищого навчального закладу № 818-ф від "09" серпня 2024 року
2. Строк подання студентом роботи 24.12.2024 року.
3. Вихідні дані до роботи

4. Вступ. Аналіз сучасного стану заходів з енергозбереження котелень. Постановка задачі, вибір методів досліджень. Теоретико-методологічний аспект дослідження. Розрахунок теплової системи теплогенераторної. Розрахунок і крнструювання системи опалення. Вибір обладнання теплогенераторної. Економічні розрахунки для реконструкції теплогенераторної. Охорона праці та безпека. Висновки.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
–	–		

6. Дата видачі завдання 20.10.2024 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Аналіз сучасного стану заходів з енергозбереження котелень. Постановка задачі, вибір методів досліджень.	09.2024	
2	Теоретико-методологічний аспект дослідження. Розрахунок теплової системи теплогенераторної.	10.2024	
3	Розрахунок і крнструювання системи опалення. Вибір обладнання теплогенераторної.	11.2024	
4	Економічні розрахунки для реконструкції теплогенераторної. Охорона праці та безпека. Висновки. Графічна частина.	12.2024	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ландик Ю.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гузик Д.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

кваліфікаційної магістерської роботи на тему:  
«Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти  
в Зіньківській ОТГ Полтавської області»  
студента Ландика Юрія Григоровича

Магістерська робота на здобуття рівня вищої освіти магістр зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, 2024 р.

**Актуальність дослідження:** реконструкція енергетичних об'єктів закладів освіти є досить важливим та актуальним питанням на сьогодні. Досить часто такі об'єкти перебувають у застарілому стані, що призводить до значних тепловтрат та надмірного енергоспоживання. З огляду на те, що тарифи на енергоресурси постійно зростають, реконструкція енергетичних об'єктів є необхідним кроком до економії. Зокрема, встановлення сучасних котлів, такі як конденсаційні, система автоматичного регулювання, дозволяють значно знизити енергоспоживання, що в свою чергу забезпечує швидку окупність проєкту та стабільну економію в довгостроковій перспективі. Це не лише забезпечує роботу в режимі максимальної енергоефективності, але й підвищує технічну надійність обладнання.

**Об'єктом дослідження є:** теплогенераторна Зіньківського опорного ліцею імені М.К.Зерова на вул. Воздвиженська 20 в м.Зіньків Полтавської області.

**Мета роботи:** розробка реконструкції теплогенераторної системи Зіньківського опорного ліцею імені М.К.Зерова в м.Зіньків, яка спрямована на зменшення енергоспоживання, підвищення ефективності теплопостачання, підвищення екологічної безпеки, зменшення фінансових витрат.

Зміст кваліфікаційної магістерської роботи містить 93 сторінки, 13 таблиць, 13 рисунків, список літератури містить 22 найменування, 8 аркушів графічної частини.

**Ключові слова:** теплогенераторна, теплопостачання, енергоефективність, тепловтрати, конденсаційний котел.

## **ABSTRACT**

of the qualification master's thesis on the topic:

“Reconstruction of the energy facility of the educational institution  
in Zinkivska UTC of Poltava region” by

Yurii Hryhorovych Landyk

Master's thesis for the degree of Master's degree in Heat and Power Engineering, specialty 144 “Heat and Power Engineering” Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, 2024

Relevance of the study: reconstruction of the energy facilities of educational institutions is a very important and urgent issue today. Quite often, such facilities are in an outdated state, which leads to significant heat loss and excessive energy consumption. Given that energy tariffs are constantly rising, the reconstruction of energy facilities is a necessary step towards saving money. In particular, the installation of modern boilers, such as condensing boilers and automatic control systems, can significantly reduce energy consumption, which in turn ensures a quick payback of the project and stable savings in the long run. This not only ensures maximum energy efficiency, but also increases the technical reliability of the equipment.

The object of the study is the heat generating plant of the Zinkiv Zerov Support Lyceum at 20 Vozdvyzhenska Street in Zinkiv, Poltava region.

Purpose: to develop a reconstruction of the heat generating system of the Zinkiv M.K. Zerov Support Lyceum in Zinkiv, aimed at reducing energy consumption, increasing the efficiency of heat supply, improving the environmental

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОЛОДОГІЧНИЙ АСПЕКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	5
1.1 Мета та завдання дослідження .....	5
1.2. Загальні відомості про теплогенераторні .....	7
1.3 Характеристика об'єкту дослідження.....	8
2 Аналітична частина.....	13
2.1 Аналіз існуючих заходів для енергозбереження в газових теплогенераторах .....	13
2.2 Принцип роботи та будова конденсаційного котла.....	19
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА .....	30
3.1 Аналіз теплової схеми роботи теплогенераторної .....	30
3.2 Вихідні дані до розрахунків .....	32
3.3. Розрахунок теплової схеми теплогенераторної.....	32
3.4 Вибір обладнання теплогенераторної .....	36
3.5 Розрахунок горіння палива.....	48
3.6 Розрахунок системи опалення .....	51
3.7 Проектування системи опалення .....	66
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	74
4.1 Економічні розрахунки для реконструкції теплогенераторної.....	74
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	79
5.1 Вентиляція.....	80
5.2 Димова труба .....	82
5.3 Заходи з техніки безпеки в теплогенераторній .....	83
5.4 Пожежна безпека.....	85
5.5 Екологічна безпека.....	86
ВИСНОВКИ.....	88
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....	90

						<b>601-НТ -11393633-МР</b>		
Зм.	Кільк.	Арк.	Підпис	Дата				
Розробив		Ландик Ю.Г.			Стадія	Арк.	Аркушів	
Перевіриє		Гузик Д.В.			2	92		
Зав. Каф.		Голік Ю.С.			НУ«ПП ім. Ю.Кондратюка»			
Н. контр.								

Реконструкція енергетичного об'єкта  
закладу освіти у Зінківській ОТГ  
Полтавської області

## ВСТУП

Сучасні тенденції енергозбереження в Україні ставлять перед закладами освіти завдання забезпечення ефективного та раціонального використання енергоресурсів. Сьогодні практика енергозбереження набуває все більшого значення серед громадськості. Це робиться не лише для економічної вигоди споживачів та зменшення навантаження на електромережу, а й для збереження довкілля. Із введенням воєнного стану в Україні 24 лютого 2024 року тема енергозбереження та енергоефективності стала вкрай актуальною. Стан енергосистеми суттєво погіршився внаслідок численних ракетних атак росії, внаслідок яких енергетичні об'єкти зазнали значних пошкоджень. Дефіцит електроенергії робить економію не лише як пріоритет розвитку теплоенергетики, а й необхідною умовою для виживання.

У Полтавській області значна кількість шкільних і позашкільних закладів досі експлуатує неефективні теплогенеруючі об'єкти із застарілим обладнанням, що має такий наслідок як надмірні теплові втрати. В свою чергу велике споживання ресурсів призводить до значних витрат на опалення.

Також попри проблему неощадливого споживання енергії застарілим газовикористовуючим обладнанням, ще варто зазначити і про її неефективність. Реконструкція надасть змогу значно знизити витрати енергоресурсів завдяки впровадженню сучасного обладнання з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД), оптимізації систем теплопостачання та утеплення об'єкта. Це сприятиме раціональному використанню енергоресурсів.

Не варто забувати про міжнародні зобов'язання нашої країни. Учасники Рамкової Конвенції ООН із зміни клімату, серед яких є й Україна, схвалили загальну мету: не допустити підняття середньої температури більше ніж на 2°C. Отже, це означає необхідність здійснення ряду заходів для обмеження викидів парникових газів енергоспалювальними установками та зменшення до мінімуму негативного впливу енергетики на навколишнє природне

									Арк.
									3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ -11393633-МР				

середовище. Саме реконструкція енергетичних об'єктів закладів освіти є одним із таких заходів, оскільки підвищує загальну екологічність закладу.

Реконструкція дозволяє привести енергетичний об'єкт у відповідність до вимог державних будівельних норм (ДБН) та міжнародних стандартів енергоефективності.

Метою роботи є: розробка реконструкції теплогенераторної системи Зіньківського опорного ліцею імені М.К.Зерова в м.Зіньків, яка спрямована на зменшення енергоспоживання, підвищення ефективності тепlopостачання, підвищення екологічної безпеки, зменшення фінансових витрат.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНИЙ АСПЕКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Мета та завдання дослідження

Метою магістерського проєкту є розробка реконструкції теплогенераторної системи Зіньківського опорного ліцею імені М.К.Зерова в м.Зіньків, яка спрямована на зменшення енергоспоживання, підвищення ефективності теплопостачання, підвищення екологічної безпеки, зменшення фінансових витрат.

Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі завдання:

- описати наявний стан діючої теплогенераторної;
- розглянути принцип роботи та будову конденсаційного котла;
- визначити основні джерела енергетичних втрат;
- проаналізувати та дати оцінку економічної ефективності реконструкції енергетичного об'єкта;
- розробити теплову схему теплогенераторної навчального закладу;

Об'єкт дослідження — теплогенераторна система Зіньківського опорного ліцею імені М.К.Зерова за вул. Воздвиженська, 20 в м.Зіньків.

Предмет дослідження — підвищення економічної, екологічної, енергетичної ефективності теплогенераторної системи шляхом заміни конвекційного котла на конденсаційний.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань в роботі використані наступні методи: теоретичний аналіз джерел, спостереження, теоретичний розрахунковий експеримент, техніко-економічне порівняння, прогнозування та узагальнення.

Теоретичний аналіз джерел полягає в детальному вивченні та аналізі наукових статей, технічних документацій, стандартів і нормативних актів, що стосуються проєктування, експлуатації та модернізації теплогенераторних установок. Оцінюється стан сучасних інноваційні рішення в галузі

									Арк.
									5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ-11393633-МР				

енергозабезпечення, а також вплив на навколишнє середовище. Збір і аналіз теоретичних даних дають можливість оцінити ефективність існуючих систем і визначити напрямки для поліпшення роботи теплогенераторної.

Метод спостереження полягає у зборі даних про реальний стан теплогенераторної, її функціонування, а також на виявлення можливих проблем в її роботі. Спостереження за обладнанням дозволяє ідентифікувати його технічний стан, коректність налаштувань і можливі збої в роботі, що згодом використовуються для розробки рекомендацій щодо модернізації та покращення ефективності системи.

Теоретичний розрахунковий експеримент використовувався для оцінки ефективності запропонованих змін і вдосконалень в роботі теплогенераторних. Цей метод включає розрахунки теплотехнічних параметрів і визначення оптимальних параметрів роботи котлів, а також дозволяє моделювати роботу системи за різних умов та порівнювати її ефективність за допомогою математичних моделей і алгоритмів.

У контексті нашого дослідження доцільно використовувати такий метод як техніко-економічне порівняння. Для вибору оптимальних варіантів модернізації котельного обладнання використовувався метод техніко-економічного порівняння. Він включає аналіз капітальних витрат на закупівлю, установку та обслуговування нових котлів (конденсаційних котлів), порівняння експлуатаційних витрат на різні системи, а також оцінку можливого зниження витрат на паливо і обслуговування. Таке порівняння дозволяє визначити, яка з модернізацій є найбільш економічно вигідною на довгострокову перспективу.

Метод прогнозування використовується для передбачення ефективності роботи котельні в майбутньому з урахуванням змін в технологіях, паливних ресурсах та нормативах. Прогнозуються параметри споживання енергії, викидів в атмосферу, витрат на обслуговування та ремонти, а також інші показники, що мають відношення до ефективності і стійкості теплогенераторних установок у майбутньому. Для прогнозування

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ-11393633-МР				

використовуються математичні моделі та статистичні методи, що дають можливість точніше оцінити, як зміни в системі впливають на її довгострокову ефективність.

Узагальнення. Під методом узагальнення мається на увазі збір і аналіз результатів усіх попередніх методів дослідження з метою створення загальних висновків та рекомендацій для подальшого впровадження або модернізації теплогенераторних установок. Це включає обробку отриманих даних, формулювання висновків на основі проведених розрахунків та спостережень, а також розробку рекомендацій для оптимізації енергоспоживання та зменшення впливу на навколишнє середовище.

Отже, можемо зазначити, що кожен метод нашої роботи дає можливість комплексно підійти до вирішення поставлених завдань, оцінити ефективність існуючих систем і розробити обґрунтовані пропозиції для їх вдосконалення.

## 1.2 Загальні відомості про теплогенераторні.

Теплогенераторні є опалювальними модулями з тепловою потужністю до 200 кВт. Вони виготовляються з двох котлів, кожен із яких має потужність не більше 100 кВт. Вони не підпадають під вимоги ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», а регулюються нормами ДБН В.2.5-20:2018 «Газопостачання», що передбачає менш жорсткі вимоги до їх конструкції та комплектації.

Теплогенераторні широко застосовуються для опалення будівель із тепловим навантаженням до 200 кВт, зокрема шкіл, дитячих садків, амбулаторій, офісів, торгівельних закладів, а також житлових будинків з висотою до двох поверхів. Крім того, вони можуть бути встановлені на дахах будівель.

Робочі параметри включають температурний графік 80/60 °С, тиск теплоносія до 0,3 МПа перед котлами та використання природного газу низького тиску (20 мбар) як основного палива.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна електрична потужність цих установок є невеликою, тому для їх роботи у разі відсутності основного електропостачання не потрібні великі чи потужні генератори.

Крім того, для подібних теплогенераторних немає необхідності у спорудженні високих димових труб. Зазвичай достатньо виведення труб на 1,5–2 метри вище рівня покрівлі без використання металевих ферм або додаткових фундаментів.

Таким чином, завдяки своїм технічним характеристикам і легкості в експлуатації, теплогенераторні є оптимальним варіантом для забезпечення ефективного і надійного опалення в будівлях з різними функціональними призначеннями.

### 1.3 Характеристика об'єкту дослідження.

Теплогенераторна система Зіньківського опорного ліцею імені М.К.Зерова площею 100 м<sup>2</sup> і висотою 5 м, була побудована в 90-х роках минулого сторіччя. Теплогенераторна є джерелом теплопостачання. Її призначення – вироблення теплоти на опалення.

У теплогенераторній встановлено 2 одноконтурних газових котли Маяк АОГВ-100Е, який призначений для опалення середніх та великих приміщень. Потужність такого котла складає 100кВт. Він має сталевий корпус з антикорозійним покриттям, що забезпечує його надійність та довговічність.

Основним видом палива у теплогенераторній є природний газ. Система теплопостачання функціонує у закритому режимі. Температура теплоносія у теплогенераторній регулюється якісним способом відповідно до потреб опалювального сезону. Енергетичний об'єкт працює цілодобово для забезпечення опалення протягом 174 днів у осінньо-зимовий період. Постачання води до теплогенераторної відбувається шляхом підключення до міської водопровідної системи.

Теплогенераторна укомплектована запобіжними клапанами, термометрами та манометрами для забезпечення безпечної роботи котлів на всіх етапах експлуатації.

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ-11393633-МР				



Рис. 1.1 Котел Маяк АОГВ -100Є в теплогенераторій відділу освіти.

Таблиця 1.1 Основні технічні параметри котла Маяк АОГВ-100

Найменування параметра	Показник
	АОГВ-100Э
1 Номінальна теплопродуктивність, кВт,±10%	100
2 Коефіцієнт корисної дії,%, не менше	90
3 Робочий тиск в системі опалення, МПа(кгс/см <sup>2</sup> )	0,3(3)
4 Температура води,° С, не більше	90
5 Розрідження в димоході, Па	від 3 до 29
6 Витрата газу (при t=0°С, P <sub>атм</sub> =760 мм рт.ст), м <sup>3</sup> /год, ±10%	11,2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-НТ -11393633-МР

Арк.

9

Найменування параметра	Показник
	АОГВ-100Э
7. Витрата газу на запальному пальнику (приведених до нормальних умов), м <sup>3</sup> /год, не більше	0,34
8 Об'єм надходження повітря у зону горіння, м <sup>3</sup> /год, ±10%	112
9 Наявність оксиду вуглецю та оксиду азоту в сухих нерозріджених продуктах згоряння, мг/м <sup>3</sup> , не більше: - оксидів вуглецю - оксидів азоту	120 240
10 Тиск газу, Па (мм.вод.ст.) максимальний номінальний мінімальний	1764(180) 1274(130) 640(65)
11. Розмір димовідводу, мм	120x320 (Ø225)
12 Розмір приєднувальних патрубків:  системи опалювання системи газопостачання	G2-B G <sup>3</sup> / <sub>4</sub> -B
13 Споживана електрична потужність, Вт	7*
14 Габаритні розміри, мм, не більше ширина довжина висота	700 1070 1280
15. Об'єм апарата, л	230
16 Маса, кг, не більше	420
17 Тиск газу на виході з газових клапанів, Па (мм.вод.ст.)	1058(108)
18 Температура вихідних газів, °С, не менше	110

Згідно з проєктом реконструкції теплогенераторної котел Маяк АОГВ-100Е буде замінено на газовий конденсаційний котел Вахі POWER HT 1.1000, що дозволить підвищити енергоефективність котельні та зменшити викиди шкідливих газів в атмосферу. Конденсаційна технологія роботи нового котла дозволяє значно знизити витрати палива та покращити роботу системи опалення. У процесі конденсації відбувається додаткове відновлення тепла, що дозволяє забезпечити більш ефективне використання енергії та скоротити експлуатаційні витрати.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянувши основну теоретичну базу дослідження, визначивши загальні дані про теплогенераторні установки та проаналізувавши характеристику об'єкта дослідження, ми можемо перейти до висновків першого розділу нашої роботи.

#### Висновки до розділу 1

У цьому розділі було розглянуто теоретичні аспекти магістерського проєкту, що стали основою для розробки практичної частини роботи. Особливу увагу приділено визначенню мети, об'єкта, предмета та завдань дослідження, що дозволило чітко окреслити напрями роботи та забезпечити структурований підхід до вирішення поставленої проблеми.

Основною метою дослідження є розробка проєкту реконструкції теплогенераторної навчального закладу. Головними пріоритетом є зниження енергоспоживання, підвищення ефективності роботи систем тепlopостачання, забезпечення екологічної безпеки, а також зменшення фінансових витрат на експлуатацію. Досягнення цієї мети передбачає комплексне вирішення низки завдань, спрямованих на виявлення основних джерел втрат енергії, оцінку поточного стану теплогенераторної, розробку нових технічних рішень та впровадження сучасних енергозберігаючих технологій.

Також зазначено, що теплогенераторні установки мають широке застосування в системах тепlopостачання будівель з відносно невеликим тепловим навантаженням, яке зазвичай не перевищує 200 кВт. Такі установки активно використовуються в різних типах об'єктів, зокрема у школах, дитячих садках, амбулаторіях, офісах, торговельних закладах та житлових будинках малої поверховості. Для навчальних закладів, які часто потребують ефективного і стабільного тепlopостачання протягом опалювального сезону, роль теплогенераторної особливо важлива, оскільки її надійність безпосередньо впливає на комфортні умови для учнів і персоналу.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливу увагу приділено характеристиці досліджуваного об'єкта – теплогенераторної навчального закладу, основним призначенням якої є забезпечення необхідної кількості теплової енергії для опалення будівлі. У ході дослідження було вивчено технічний стан об'єкта, оцінено його енергоефективність, ідентифіковано проблемні зони, які сприяють збільшенню втрат теплової енергії та знижують загальну ефективність роботи системи.

Таким чином, теоретична частина магістерської роботи дала змогу не лише сформулювати чіткі завдання для подальшого дослідження, але й забезпечила основу для практичного вирішення проблеми реконструкції теплогенераторної. Отримані результати та висновки стали базою для розробки теплової схеми, вибору новітнього обладнання і створення проєкту модернізації, що дозволить досягти поставлених цілей і забезпечити стабільне, енергоефективне та екологічно безпечне тепlopостачання навчального закладу.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Аналіз існуючих заходів для енергозбереження в теплогенераторних.

Забезпечення ефективного і стабільного опалення є одним з основних завдань для підтримки оптимальних умов навчання в закладах освіти. У зв'язку з підвищенням вартості енергоресурсів та необхідністю зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, важливим є пошук альтернативних джерел енергії для опалення.

У цьому розділі ми проаналізуємо можливості переходу на різні варіанти енергозабезпечення для опалення навчального закладу, зокрема природний газ, пелети, дрова та брикети. Кожен з цих варіантів має свої переваги та недоліки, що вимагає комплексного підходу до оцінки їх доцільності для конкретного навчального закладу.

Наше завдання — вибрати найбільш ефективний і сталий варіант, який забезпечить оптимальну температуру в класах та інших приміщеннях при мінімальних витратах і з найменшим екологічним навантаженням.

#### Котли на біопаливі.

Біопаливні котли — це котли, які використовують біомасу (органічні матеріали, що мають походження від рослин або тварин) як джерело енергії для опалення. Біопаливо включає в себе різні види палива, такі як деревні пелети, дрова, брикети, торф, аграрні відходи тощо. Котли, що працюють на біопаливі, перетворюють енергію, що міститься в біомасі, на тепло для обігріву приміщень та гарячого водопостачання.

Біопаливні котли мають низку переваг:

1. Розмаїття виду палива. Котел може працювати на: вугіллі, торфі, дровах, брикетах, пелетах і, навіть, на гної. Це дає гнучкість у виборі палива в залежності від доступності і вартості на місцевому ринку.
2. Економічність. Вартість палива невисока та можливість використовувати місцеві ресурси.

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ-11393633-МР				

2. Автономність. Біопаливні котли працюють, навіть якщо газ та електрика недоступні.

Біопаливні котли мають також низку недоліків:

1. Біопаливо займає більше місця для зберігання порівняно з газом. Для навчальних закладів це може стати проблемою, оскільки потрібно виділяти значну площу для складування пелет, дров чи брикетів, що може бути складно при обмеженому просторі.

2. Необхідність у додатковому обслуговуванні. Котли на біопаливі вимагають регулярного очищення від золи, а також контролю за якістю палива. Важливо використовувати паливо високої якості. Низька якість пелет або дров може призвести до зниження ефективності роботи котла, а також до збільшення відкладень золи та частіших поломок обладнання, що також може бути витратним.

3. Для роботи таких котлів може знадобитись додатковий технічний персонал або навчання вже існуючого обслуговуючого персоналу, що також пов'язано з додатковими витратами.

4. Хоча біопаливо може бути дешевшим за газ, його економічна ефективність може бути нижчою, особливо якщо врахувати витрати на доставку та зберігання. Це може призвести до додаткових витрат, що зменшить економічну вигоду від використання біопалива.

5. Теплотворність більшості біопалив є меншою в порівнянні з теплотворністю природного газу. Теплотворність — це кількість тепла, яку виділяє паливо при його повному згорянні. Рівень теплотворності різних видів палива значно варіюється.

- дрова мають різні показники в залежності від виду дерева (дуб, сосна, береза і тд.), в середньому - це 4200 кКал/м<sup>3</sup>;

- теплотворність деревних пелетів: 4100 кКал/м<sup>3</sup>.

- теплотворність деревних брикетів: 4450 кКал/м<sup>3</sup>.

Враховуючи, що в теплогенераторній навчального закладу встановлені на даний момент газові котли, тобто використовується природний газ,

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ -11393633-МР				

теплотворність якого в середньому 8500 кКал/м<sup>3</sup>, можна дійти висновку, що для отримання тієї ж кількості тепла при використанні біопалива знадобиться більша його кількість, ніж при спалюванні природного газу.

Попри екологічні та економічні переваги, встановлення біопаливного котла в теплогенераторній навчального закладу може бути економічно не вигідним через високі початкові витрати, складність у забезпеченні постачання та зберігання палива, а також додаткові витрати на обслуговування. Враховуючи ці фактори, для багатьох навчальних закладів більш вигідними варіантами можуть бути газові котли, які не потребують стільки додаткової роботи та витрат на обслуговування.

#### Комбіновані котли.

Комбіновані котли — це котли, які можуть працювати на різних видах палива (наприклад, природний газ, твердопаливне паливо, електрика), що дозволяє забезпечити більшу гнучкість в умовах різних джерел енергії та змінних економічних умов.

Використання комбінованих котлів у школах може мати переваги, але існує низка причин, чому їх встановлення може бути недоцільним у навчальних закладах.

У разі використання декількох видів палива, одним із яких є електроенергія, то як і у випадку експлуатації електричних котлів, опалення не буде економічно ефективним, оскільки вартість електроенергії постійно зростає. Якщо одним із видів палива буде біопаливо, то для обслуговування необхідний технічний персонал, здатний працювати з такими системами, включно з ручним завантаженням палива, необхідна наявність спеціального місця для зберігання, що також не характеризується своєю економічною ефективністю.

#### Газові котли.

Використання газових котлів у навчальних закладах може бути доцільним рішенням залежно від кількох факторів: доступності газу, економічної вигоди, екологічних вимог та умов безпеки.

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ -11393633-МР				

Серед переваг газових котлів варто виділити:

1. При підключенні до газової мережі газові котли забезпечують стабільне опалення без необхідності додаткового завантаження палива, як у випадку твердопаливних систем.

2. Газові котли мають високий ККД, що дозволяє ефективно використовувати енергію природного газу для обігріву приміщень.

Крім того, ці системи компактні й зручні в експлуатації, оскільки не потребують значного простору для розміщення та складного обслуговування. Сучасні газові котли мають автоматизовану систему управління, яка дозволяє легко регулювати температуру і оптимізувати споживання енергії. Це особливо актуально для шкіл, де важливо підтримувати комфортний мікроклімат у великих приміщеннях, таких як класи чи спортивні зали. Завдяки швидкому нагріванню газові котли здатні ефективно обігрівати приміщення навіть у випадку різких змін температури.

Провівши аналіз різних типів котлів для теплопостачання навчального закладу, було визначено, що найбільш оптимальним рішенням є встановлення газового котла. Це обґрунтовується такими основними перевагами, як стабільність роботи, економічність, простота в експлуатації та екологічна безпека.

Газові котли забезпечують стабільне теплопостачання завдяки безперебійній подачі палива через газопровід, що усуває необхідність у регулярному поповненні запасів палива, як у випадку з твердопаливними системами. Крім того, їх експлуатація є економічно вигідною, адже не потребує витрат на облаштування складських приміщень для палива чи складних механізмів подачі.

Простота в експлуатації є ще однією вагомою перевагою газових котлів. Вони не потребують трудомісткого обслуговування або очищення від сажі, яке характерне для твердопаливних котлів, а їхня робота є повністю автоматизованою, що значно спрощує обслуговування та управління системою.

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ-11393633-МР				

Отже, враховуючи всі важливі аспекти – стабільність роботи, економічність, простоту в користуванні та зменшення витрат на утримання – встановлення сучасного газового котла є найкращим рішенням для навчального закладу. Таке рішення забезпечить надійне, ефективне та економічне теплопостачання, яке відповідатиме технічним і фінансовим можливостям закладу.

Природний газ є широко доступним видом палива, оскільки газові мережі наявні майже в кожному населеному пункті. Завдяки йому здійснюється опалення більшість установ бюджетної сфери.

На сьогоднішній день переважна більшість закладів освіти в Полтавській області опалюються котельнями що працюють на природному газі. Ряд об'єктивних чинників, поява нових технологій та вимог щодо енергоефективності є однією з причин для заміни газового котла. Також, зі старінням обладнання збільшується ймовірність виникнення поломок та зниження його продуктивності. Це означає, що старий котел може не забезпечувати достатньо ефективного опалення приміщень. Такі ситуації можуть призвести до збільшених витрат на енергію та непередбачуваних витрат на ремонт.

Головними проблемами існуючих котелень, які спричиняють зниження енергоефективності є наступні:

- високий рівень зношеності котельних установок та технічна застарілість обладнання;
- несправність автоматики, погане її налагоджування або повна відсутність;
- неправильне або невчасне налагодження теплового режиму котельної установки;
- недосконалість газопальникових пристроїв;
- відкладення накипу на поверхнях нагрівання;
- низька теплова ізоляція котла;
- погана герметизація газоходів;
- відсутність обліку витрати теплоносія;

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ -11393633-МР				

- невдала теплова схема;
- відсутність економайзерів.

Для енергозбереження в котельнях можуть застосовуватися наступні заходи:

Модернізація обладнання: Заміна застарілих котлів на сучасні з вищим ККД є одним із ключових напрямів підвищення енергоефективності газових котелень. Сучасні котли споживають менше палива завдяки покращеним технологіям спалювання газу та ефективнішій теплообмінній системі. Наприклад, конденсаційні котли дозволяють використовувати тепло, яке втрачається через димові гази, забезпечуючи додаткове нагрівання теплоносія. Це рішення не лише знижує витрати газу, але й сприяє зменшенню викидів CO<sub>2</sub>. Додатково, сучасні моделі котлів часто мають вбудовані системи автоматичного контролю, які забезпечують можливість налаштування роботи обладнання відповідно до актуальних потреб системи.

Автоматизація процесів - встановлення систем автоматичного регулювання температури та контролю споживання палива сприяє оптимізації витрат газу. Основні аспекти автоматизації включають:

Автоматичне регулювання температури: завдяки датчикам температури та погодозалежним регуляторам забезпечується підтримка оптимального температурного режиму залежно від зовнішніх умов, що знижує надмірне споживання палива.

Контроль витрат палива: системи моніторингу забезпечують точний облік споживання газу, виявлення перевитрат та несправностей обладнання.

Інтеграція з інтелектуальними мережами: використання «розумних» технологій дозволяє здійснювати дистанційне керування котельнею, зокрема, через мобільні додатки або централізовані системи управління.

Системи безпеки: автоматичні блокувальні механізми та сигналізація при відхиленнях від нормальних параметрів роботи сприяють зниженню ризиків аварійних ситуацій.

						Арк.
					601-НТ-11393633-МР	18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Автоматизація процесів не лише сприяє зменшенню експлуатаційних витрат, але й підвищує надійність та безпеку роботи теплогенераторних.

Утеплення трубопроводів: Зниження теплових втрат через неізольовані ділянки.

Ізоляція котлів: Використання матеріалів із низькою теплопровідністю для утримання тепла в системі.

Дослідження та впровадження технологій, спрямованих на енергозбереження, відкривають можливості реалізації значного потенціалу економії енергоресурсів в Україні і підвищення рівня енергоефективності до показників, характерних для європейських країн.

## 2.2 Принцип роботи та будова конденсаційного газового котла.

Досить великої популярності набувають конденсаційні котли як джерело нагріву теплоносія. У деяких європейських країнах дозволяється використовувати лише конденсаційні котли, будь-які інші газові – заборонено. Конденсаційний газовий котел – це новий тип теплообмінника, який приходить на зміну конвекційному устаткуванню.

Конденсаційні котли мають таку назву у зв'язку з тим, що в них застосована технологія добування додаткового тепла при зміні агрегатного стану води з пари, що міститься в димових газах, у конденсат.

Для того, щоб перевести воду з рідкого стану в пароподібний, необхідно споживати певну кількість тепла. В результаті, водяна пара виходить через димохід з певною кількістю енергії, яка утворилась в камері згоряння. Кількість тепла, яка утворилась в камері згоряння може бути виміряна точно для газоподібного палива, і вона є загальноприйнятною – 10-12%. Логічно, що під час зворотнього процесу, а саме конденсації, енергія не споживатиметься, а виділятиметься. Тобто, перехід водяної пари в рідкий стан (конденсація) – здійснюється з виділенням енергії.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конденсація водяної пари виникає, коли димові гази, що виходять із камери згоряння, стикаються із середовищем, температура якого нижча за температуру точки роси води (55°C). Зважаючи на те, що димові гази при виході з котла мають температуру 100 і більше градусів, на стінці димоходу буде здійснюватись конденсація. Починаючи з ділянки, де він має температуру нижче температури точки роси, або на виході газів в атмосферу, якщо димохід добре ізольований. В конвекційних котлах додаткове тепло, що міститься у водяній парі буде передаватись навколишньому середовищу, де й буде здійснюватись конденсація.

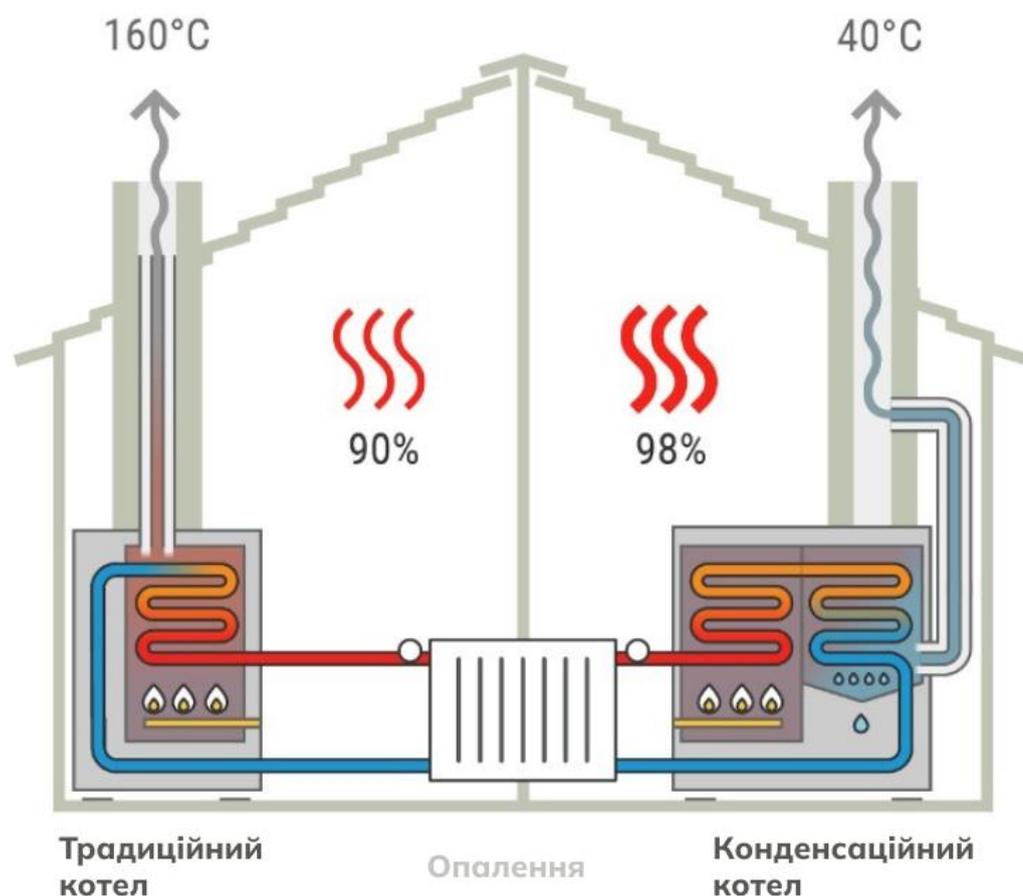


Рис 2.1 – схема перетворення димових газів в теплову енергію

Завдяки наявності двох теплообмінників конденсаційний котел відрізняється досить високим ККД – понад 100% при підключенні в низькотемпературну систему опалення. У первинному теплообміннику, який розташований в зоні горіння, здійснюється нагрів теплоносія від енергії палива, у вторинному (конденсаційному) – виробляється додаткова теплова енергія за рахунок використання конденсату.

Точка роси - температура, при якій пара перетворюється на рідину. Через різний склад димових газів точка роси для різних видів палива відрізняється. Для метану точка роси становить приблизно 55°C.

Це максимальна температура, за якої котел працюватиме найбільш енергоефективно. Вже за більшої температури ККД конденсаційного котла буде подібним до ККД конвекційного.

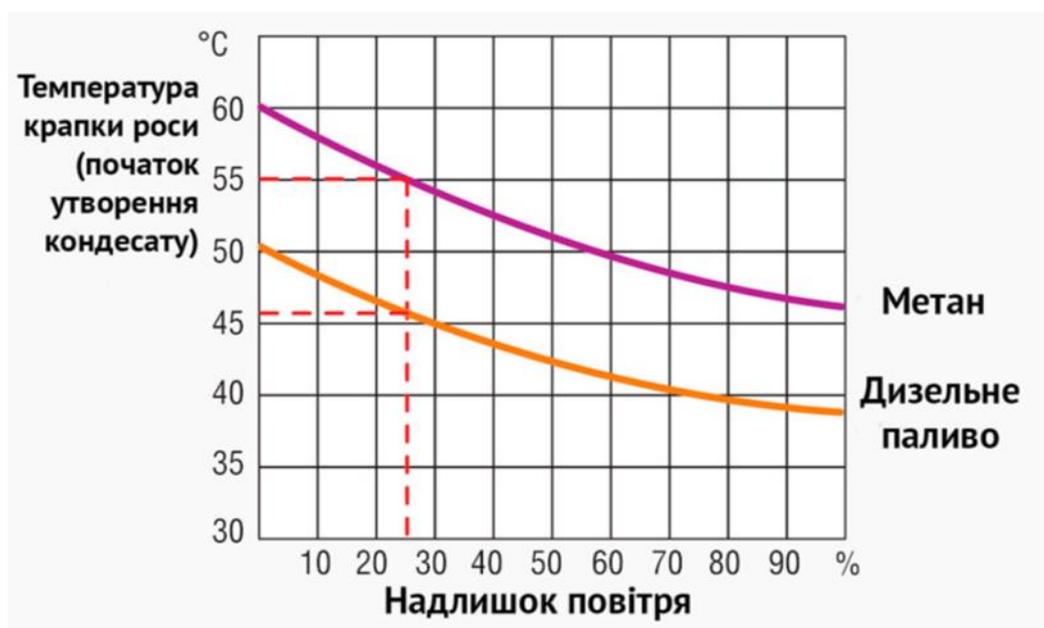


Рис 2.2 Криві точки роси для метану та дизельного палива залежно від коефіцієнту надлишку повітря.

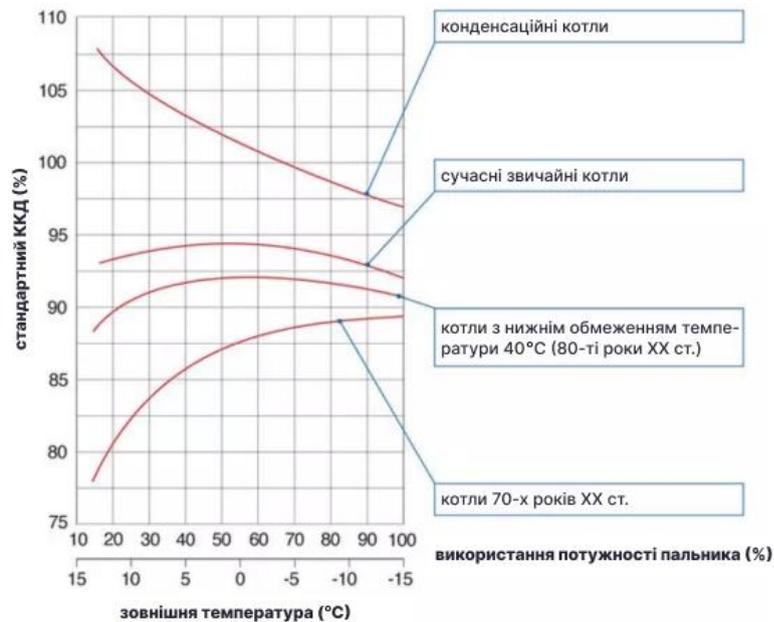


Рис 2.3 Відмінність ККД конвекційного та конденсаційного котлів

**Етапи роботи газового конденсаційного котла:**

<b>Подача палива</b>	паливо надходить до котла із газопроводу
<b>Згоряння палива</b>	процес згоряння газу у спеціальній камері
<b>Виділення тепла</b>	під час згоряння виділяється тепло, яке передається воді, яка розташована в теплообміннику
<b>Утворення продуктів згоряння</b>	утворюються продукти згоряння, насамперед водяна пара
<b>Конденсація</b>	здійснення охолодження продуктів згоряння до температури, за якої вода починає конденсуватись, в результаті чого здійснюється вилучення додаткового тепла з пари
<b>Відведення конденсату</b>	рідина, яка утворилась в результат конденсації відводиться з котла.

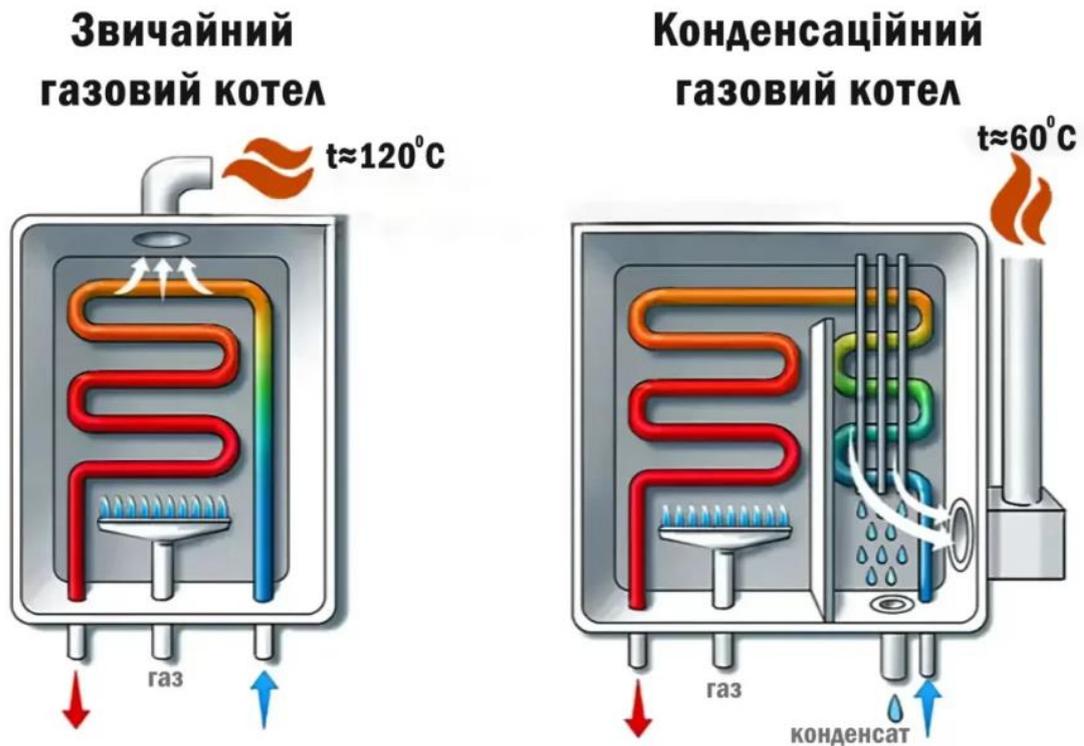


Рис 2.4 Принцип роботи традиційного та конденсаційного котлів.

Конденсаційні котли класифікуються за різними критеріями, зокрема:

**1. За типом палива:**

- Дизельні конденсаційні котли. Використовують дизельне паливо. Зазвичай застосовуються там, де немає можливості підключення до газопроводу. Підходять для великих будівель або промислових об'єктів.
- Пелетні (біомасові) конденсаційні котли. Працюють на пелетах чи іншій біомасі. Характеризуються екологічністю та підходять для приватних будинків, фермерських господарств або невеликих виробничих приміщень.
- Газові конденсаційні котли. Працюють на природному або зрідженому газі. Найпоширеніший тип завдяки високій ефективності, доступності палива та можливості використання в житлових і комерційних об'єктах.

## **2. За способом монтажу:**

- Підлогові конденсаційні котли: великі за розміром, вимагають окремого приміщення для його розміщення, використовуються для опалення великих за розміром об'єктів.

- Настінні конденсаційні котли: компактні, призначені для установки на стіну, невеликі за розміром, потужність не перевищує 120 кВт. Цього достатньо для обігріву квартир, невеликих будинків.

## **3. За призначенням:**

- Одноконтурні: призначені для обігріву приміщень.

- Двоконтурні: призначені як для обігріву приміщень, так і для нагрівання води в системі гарячого водопостачання (ГВП).

Особливістю в конденсаційних котлах є використання в їх теплообмінника з кислотостійких матеріалів, таких як силумін або нержавіюча сталь. Це зумовлено підвищеною кислотністю водяного конденсату, який утворюється, яка може спричинити корозію матеріалів, що застосовуються у звичайних котлах зі сталі та чавуну.

Форма теплообмінника в конденсаційних котлах може мати різні складні форми, наприклад, у вигляді труб складного перерізу з додатковими спіралеподібними ребрами. Це здійснено для збільшення площі теплообміну, внаслідок чого буде вища ефективність котла.

## **Конденсаційні котли мають низку переваг:**

- Екологічність.

В конденсаційних котлах завдяки теплу конденсації згоряння газу з здійснюється більш чисто, що в свою чергу призводить зменшення викидів в атмосферу а таким чином зменшується вплив на навколишнє природне середовище.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Експлуатаційні витрати є низькими.

Зазвичай конденсаційні котли потребують менше обслуговування, оскільки для них характерним є зниження ризику поломок і збільшення терміну служби завдяки його конструкції, який дає змогу запобігти утворенню накипу та корозії.

- Економія енергії та витрат.

Конденсаційні котли використовують додаткове тепло, що спричиняє зменшення споживання палива, тим самим здійснюється економія витрат на опалення, що є особливо актуально в довгостроковій перспективі.

- Висока ефективність.

За допомогою експлуатації конденсаційних котлів є змога отримувати більше тепла з кожного кубометра газу, що має наслідком зниження витрат на паливо.

- Покращений комфорт.

Завдяки здійсненню регулювання потужності та рівномірному розподілу тепла, створюються більш комфортні умови в приміщенні.

- Зручність управління та модуляції.

В більшості конденсаційні котли оснащені сучасними системами управління і можуть перебувати в режимі модуляції, здійснюючи автоматичне регулювання вихідної потужності залежно від потреби, що в свою чергу робить використання більш ефективним.

Звісно, є певні недоліки у конденсаційних котлах. До них можна віднести вартість. Ціна може перевищувати вартість звичайного газового котла майже вдвічі. Але варто пам'ятати, що за рахунок економії паливних ресурсів і достатньо високої продуктивності системи опалення, витрати швидко окупаються.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

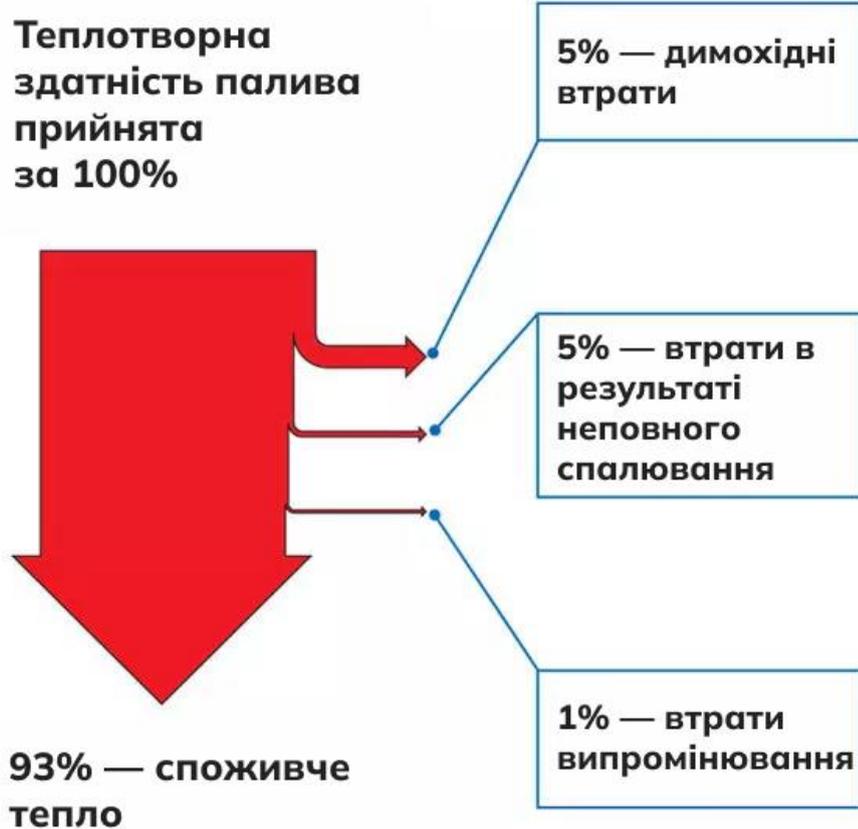


Рис 2.5 Тепловтрати звичайного котла.

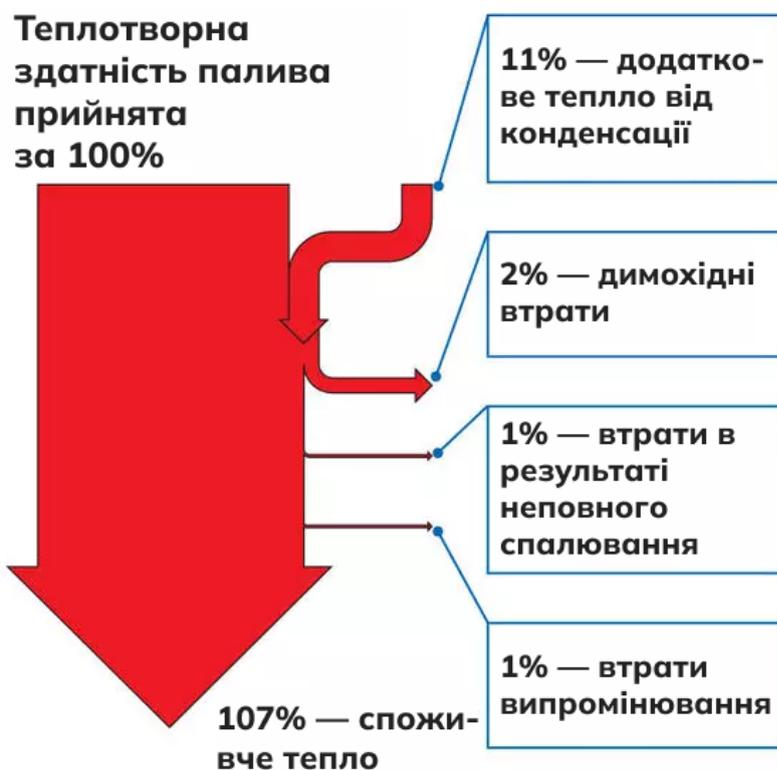


Рис 2.6 Тепловтрати конденсаційного котла

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-НТ-11393633-МР

Арк.

26

Ефективність роботи теплогенераторних залежить від багатьох факторів, серед яких важливе місце займають теплові втрати. Розуміння їх природи та механізмів дозволяє виявити основні недоліки в роботі системи та знайти способи підвищення енергоефективності. Теплові втрати є невід'ємною частиною процесу вироблення та передачі тепла, але їх мінімізація є критично важливою для досягнення економічності та екологічності роботи теплових установок.

- Теплові втрати можна умовно поділити на три основні категорії, кожна з яких має свої особливості та причини виникнення. Ці категорії включають втрати через димохід, місцеві теплові втрати та втрати через приховане тепло водяної пари. Детальний аналіз кожної з цих категорій дозволяє оцінити їхній вплив на загальну ефективність системи та визначити потенціал для впровадження енергозберігаючих заходів.

- Втрата тепла через димохід.

Тепло втрачається при видаленні димових газів із системи через димохід, оскільки температура газів на виході перевищує 100 °С. Величина втрат залежить від таких факторів, як тяга в димоході, надлишок повітря в камері згоряння, тип пальника, а також співвідношення газу і повітря під час горіння.

- Місцеві втрати.

Це тепло, яке виходить у приміщення, де встановлений котел, безпосередньо через стінки камери згоряння. Вони залежать від таких чинників, як теплоізоляція камери згоряння, температурний режим у приміщенні, де працює котел, а також рівень вентиляції у цьому просторі.

- Втрати через приховане додаткове тепло у водяних парах.

У звичайних котлах приховане тепло, що міститься у водяній парі (10–12%), втрачається разом із димовими газами. Конденсаційні котли, завдяки процесу конденсації пари, вилучають це тепло й використовують його для додаткового нагрівання, що підвищує загальну ефективність.

						Арк.
					601-НТ -11393633-МР	27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок до розділу 2

У даному розділі проведено аналіз основних проблем, які знижують енергоефективність існуючих теплогенераторних (котелень). Причинами низької енергоефективності є такі чинники, як технічна зношеність обладнання, відсутність автоматизації, недостатня теплоізоляція трубопроводів та котлів, а також недосконалість газопальникових пристроїв. Це призводить до зростання енергоспоживання, непередбачуваних витрат на ремонт та погіршення експлуатаційних характеристик котелень.

Впровадження заходів із модернізації, таких як утеплення трубопроводів, підвищення герметизації газоходів, використання сучасних матеріалів із низькою теплопровідністю, а також автоматизація управління тепловими процесами, дозволяє значно скоротити теплові втрати.

Особливе значення мають конденсаційні котли, які, завдяки технології використання тепла конденсації, мають високий коефіцієнт корисної дії та забезпечують суттєву економію енергоносіїв.

Розгляд переваг конденсаційних котлів, таких як екологічність, низькі експлуатаційні витрати та високий рівень енергоефективності, підтверджує доцільність їх використання у системах теплопостачання. Хоча їх початкова вартість є вищою порівняно із традиційними котлами, економія палива та низькі витрати на обслуговування забезпечують швидке повернення інвестицій.

Таким чином, модернізація теплогенераторних за рахунок упровадження інноваційних технологій відкриває нові можливості для зменшення енергетичних витрат, зниження шкідливих викидів і підвищення загальної ефективності роботи теплопостачання.

Окремо розглянуто принципи роботи конденсаційних газових котлів. Завдяки використанню тепла конденсації водяної пари, такі котли досягають високого коефіцієнта корисної дії (понад 100%) і забезпечують суттєве

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ -11393633-МР				

зниження витрат на паливо. Розглянуто різновиди конденсаційних котлів, їх конструктивні особливості, а також переваги, серед яких екологічність, економія енергії, покращений комфорт та зручність управління.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Оптимізація параметрів роботи системи: Забезпечення оптимального співвідношення температури теплоносія, швидкості його руху та тиску для мінімізації втрат.

Температура зворотної води у великій неутепленій школі зазвичай є нижчою через кілька факторів, пов'язаних з особливостями будівлі, системи опалення та ефективності теплоізоляції. Однією з основних причин цього є значні тепловтрати через недостатню теплоізоляцію будівлі.

Зіньківський ліцей має великі приміщення з високими стелями, що значно збільшує обсяг повітря, яке потрібно нагрівати. Це створює підвищене навантаження на систему опалення, оскільки для досягнення комфортної температури в такому просторі потрібна більша кількість тепла. Внаслідок цього, водяний теплоносій, який циркулює через радіатори, втрачає значну частину свого тепла, охолоджуючись ще більше до того, як повернеться до котла.

Крім того, у великих школах, де система опалення є складною і має велику протяжність, вода повинна пройти через довгі трубопроводи і кілька радіаторів, перш ніж повернутися до котла. У процесі цього проходження вода віддає своє тепло, охолоджуючись на кожному етапі, що також сприяє зниженню температури зворотної води.

Таким чином, температура зворотної води в старих неутеплених школах, зокрема в Зіньківському ліцеї, є нижчою через поєднання факторів, пов'язаних з високими тепловтратами будівлі, особливостями системи опалення. Всі ці фактори разом знижують ефективність передачі тепла і призводять до більш холодної зворотної води.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.2 Вихідні дані до розрахунків

Вони складені для 2-х характерних режимів:

I режим – максимально зимовий при  $t_{p.o}$  ;

II режим – із середньою температурою найбільш холодного місяця  $t_{cp.x.m}$  ;

Температура повітря всередині опалювальних будівель (режими I–II)

$$t_{вн} = 16^{\circ}\text{C};$$

Температура зовнішнього повітря  $t_{зовн.}$ :

$$\text{– I режим – } t_{зовн.} = t_{p.o} = -20^{\circ}\text{C};$$

$$\text{– II режим – } t_{зовн.} = t_{cp.x.m} = -2,6^{\circ}\text{C};$$

Максимальний (розрахунковий) відпуск теплоти на опалення будівель (режим I)

$$Q_{о.в}^{\text{ж}} = 1,8 \text{ МВт};$$

Максимальна температура подавальної мережної води (режим I)

$$t_{1.max} = 85^{\circ}\text{C}$$

Максимальна температура поворотної мережної води (режим I)

$$t_{2.max} = 60^{\circ}\text{C}$$

Питомий об'єм води в системі тепlopостачання відносно сумарного відпуску теплоти на опалення (для всіх режимів):

$$g_{\text{сист}} = 31000 \text{ кг/МВт}$$

Коефіцієнт зниження витікання води в системі тепlopостачання:

$$K_{\text{вит}} = 1 \text{ (режим I-II)};$$

- Коефіцієнт власних потреб хімічного водоочищення:

$$k^{\beta.n} = 1.1 \dots 1.25 \text{ (для всіх режимів).}$$

$$\text{Беру } k^{\beta.n} = 1,2.$$

### 3.3 Розрахунок теплової схеми теплогенераторної

Розрахунок виконано для першого режиму

3.3.1 Обчислення коефіцієнта зниження витрат теплоти на опалення і вентиляцію

Коефіцієнт залежить від температури зовнішнього повітря і визначається за

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формулою:  $k_{O.B} = \frac{t_{BH}-t_H}{t_{BH}-t_{p.o}}$

де  $t_H$  - зовнішня розрахункова температура, °С;

$t_{BH}$  – внутрішня розрахункова температура, °С;

$$k_{O.B} = \frac{16 - (-20)}{16 - (-20)} = 1,0$$

3.3.2 Визначення розрахункового відпуску теплоти на опалення і вентиляцію, МВт

$$Q_{O.B} = Q_{O.B}^n \cdot k_{O.B}$$

де  $k_{O.B}$  - коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення і вентиляцію

в залежності від температури зовнішнього повітря;

$Q_{O.B}$  - максимальний відпуск теплоти для опалення і вентиляції, МВт.

$$Q_{O.B} = 1,88 \cdot 1 = 1,88 \text{ МВт}$$

3.3.3 Розрахунок температури мережної води на виході з теплогенераторної, °С

Температура визначається за формулою:

$$t_1 = 18 + 64,5 \cdot k_{O.B}^{0,8} + 2,5 \cdot k_{O.B} ,$$

де  $k_{O.B}$  - коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення і вентиляцію

в залежності від температури зовнішнього повітря;

$$t_1 = 18 + 64,5 \cdot 1^{0,8} + 2,5 \cdot 1 = 85^\circ\text{C} .$$

3.3.4 Визначення температури поворотної води для опалення, °С

Температура розраховується так:

$$t_2^{O.B} = t_1 - 35 \cdot k_{O.B} ,$$

де  $t_1$  - температура мережної води на виході з теплогенераторної, °С;

$k_{O.B}$  - коефіцієнт корекції витрат теплоти;

Розрахунок:

$$t_2^{O.B} = 85 - 35 \cdot 1 = 50^\circ\text{C}.$$

					601-НТ-11393633-МР	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3.5 Розрахунок витрат мережної води на опалення і вентиляцію, кг/с

Витрати мережної води визначаються за формулою:

$$G_{O.B} = \frac{Q_{O.B}}{C_B \cdot (t_1 - t_2^{O.B})},$$

де  $Q_{O.B}$  - розрахунковий відпуск теплоти на опалення вентиляцію, Вт;

$C_B$  - питома теплоємність води, кДж/(кг·К);

$t_1$  - температура мережної води на виході з теплогенераторної, °С;

$t_2^{O.B}$  - температура зворотної води після опалення та вентиляції, °С;

Обчислення:

$$G_{O.B} = \frac{1,883 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (85 - 50)} = 12,84 \text{ кг/с.}$$

### 3.3.6 Розрахунок витрат мережної води на виході з теплогенераторної, кг/с

$$G_{\text{мер}} = G_{O.B} + G_m,$$

де  $G_{O.B}$  - витрати мережної води на опалення та вентиляцію, кг/с;

$G_m$  - витрати води для технологічних потреб, кг/с.

$$G_{\text{мер}} = 12,84 + 2,8 = 15,64 \text{ кг/с.}$$

### 3.3.7 Розрахунок витрат води на підживлення для покриття втрат у тепловій мережі.

Витрати води на підживлення обчислюються за формулою:

$$G_{\text{ут}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} \cdot (Q_{O.B} + Q_m) \cdot g_{\text{систем}} \cdot k_{\text{ут}},$$

де  $g_{\text{сист}}$  - питома маса води в системі теплопостачання на 1 МВт теплоти, кг/МВт.

$k_{\text{ут}}$  — коефіцієнт, що враховує втрати.

Обчислення:

$$G_{\text{ут}} = \frac{0,75}{100 \cdot 3600} \cdot (1,88 + 0,43) \cdot 30100 \cdot 1 = 0,14 \text{ кг/с.}$$

### 3.3.8 Витрата зворотної мережної води на вході в теплогенераторну, кг/с

Зворотна вода визначається як сукупність витрат після проходження теплових процесів у системі.

									Арк.
									34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ-11393633-МР				

$$G_{\text{мерж.об}} = G_{\text{мерж}} - G_{\text{ут}},$$

$$G_{\text{мерж.об}} = 15,64 - 0,14 = 15,50 \text{ кг/с}$$

3.3.9 Визначення необхідної кількості водогрійних котлів із заокругленням до найближчого більшого цілого числа:

$$N_K^B = \frac{Q_{\text{о.в}} + Q_m}{Q_K^{\text{НОМ}}},$$

$$N_K^B = \frac{1,88 + 0,43}{1} = 2,3 \approx 2 \text{ котли.}$$

3.3.10 Завантаження водогрійних котлів

$$k_{\text{загр}}^B = \frac{Q_{\text{о.в}} + Q_m}{N_K^B \cdot Q_K^{\text{НОМ}}} \cdot 100,$$

$$k_{\text{загр}}^B = \frac{1,88 + 0,43}{2 \cdot 1} \cdot 100 = 115,5\%.$$

3.3.11 Витрата води через один водогрійний котел, кг/с

$$G_{BK} = \frac{(G_{\text{о.в}}^n + Q_m) \cdot 10^3}{4,19 \cdot (t_{1\text{max}} - t_{2\text{max}}) \cdot N_B^K},$$

$$G_{BK} = \frac{(1,88+0,43) \cdot 10^3}{4,19 \cdot (85 - 50) \cdot 2} = 9,58 \text{ кг/с}$$

Результати розрахунку для інших режимів наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку теплової схеми для режимів I-II

Назва величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режиму	
			I	II
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення залежно від температури зовнішнього повітря	$k_{\text{о.в.}}$		1	0,516
Сумарний відпуск теплоти на опалення і вентиляцію	$Q_{\text{о.в.}}$	МВт	1,88	0,97
Температура мережної води на виході з теплогенераторної	$T_1$	°C	85	61
Температура поворотної мережної води після опалення	$T_2$	°C	50	40,8
Розрахункова витрата мережевої води на опалення	$G_{\text{о.в.}}$	кг/с	12,84	12,84

Назва величини	Позначення	Одиниця	Значення величини для режиму	
			I	II
Розрахункова витрата мережевої води на виході з теплогенераторної	$G_{\text{вп.к от}}$	кг/с	16	16,23
Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі	$G_{\text{вит}}$	кг/с	0,18	0,09
Витрата поворотної мережевої води на вході до теплогенераторної	$G_{\text{п.м}}$	кг/с	15,82	16,08
Сумарний потік теплоти, що Відпускається водогрійними котлами	$Q_{\text{сум}}$	МВт	1,9	1,05

У цьому розділі було виконано розрахунок теплої схеми теплогенераторної для двох режимів, результати якого представлені в таблиці 3.1.

### 3.4 Вибір обладнання теплогенераторної

При виборі основного та допоміжного обладнання для теплогенераторної основними критеріями є: надійність і забезпечення безперебійного теплопостачання, відповідність тепловим потребам як у розрахунковому, так і в інших режимах роботи, здатність обладнання до плавної та гнучкої зміни режимів, створення економічно вигідних і ефективних умов експлуатації, а також оптимізація використання вторинних енергоресурсів та раціональна економія матеріалів.

На об'єкті нашого дослідження доцільно встановити газовий конденсаційний котел BAXI POWER NT 1.1000, який є сучасним і високоефективним опалювальним обладнанням для великих об'єктів, таких як заклади освіти, адміністративні будівлі або комерційні об'єкти. Потужність цього котла становить 1000 кВт, що дозволяє ефективно обігрівати великі площі.

Заміна даного котла є економічно та технічно обґрунтованим рішенням, оскільки витрати на встановлення нового обладнання будуть мінімальними. Завдяки тому, що котельне обладнання вже функціонує у наявному приміщенні, процес заміни котла не потребуватиме значних будівельних або



Заміна традиційного котла на конденсаційний котел є вкрай ефективним рішенням, оскільки можна досягти максимального коефіцієнта корисної дії (ККД), що перевищує 100%. Це досягається завдяки низькій температурі зворотнього носія, що дозволяє інтенсивніше відбирати тепло та підвищувати ККД.

У нашому випадку на об'єкті створено всі необхідні умови для ефективної роботи конденсаційного котла. Завдяки існуючій системі опалення, температура води, що повертається підтримується на рівні 35-45°C. Це ідеальний діапазон для роботи конденсаційного котла, адже саме за таких умов відбувається активна конденсація водяної пари, що забезпечує додатковий відбір тепла.

Зовнішній вигляд котла BAXI POWER NT 1.1000 наведено на рисунку 3.2.



Рис 3.2 Газовий конденсаційний котел BAXI POWER NT 1.1000

Конденсаційний котел має будову з різних компонентів, кожен з яких виконує важливу функцію для забезпечення ефективної та безпечної роботи системи опалення. Розглянемо будову даного котла більш детально на рисунку 3.3.

					601-NT-11393633-MP	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

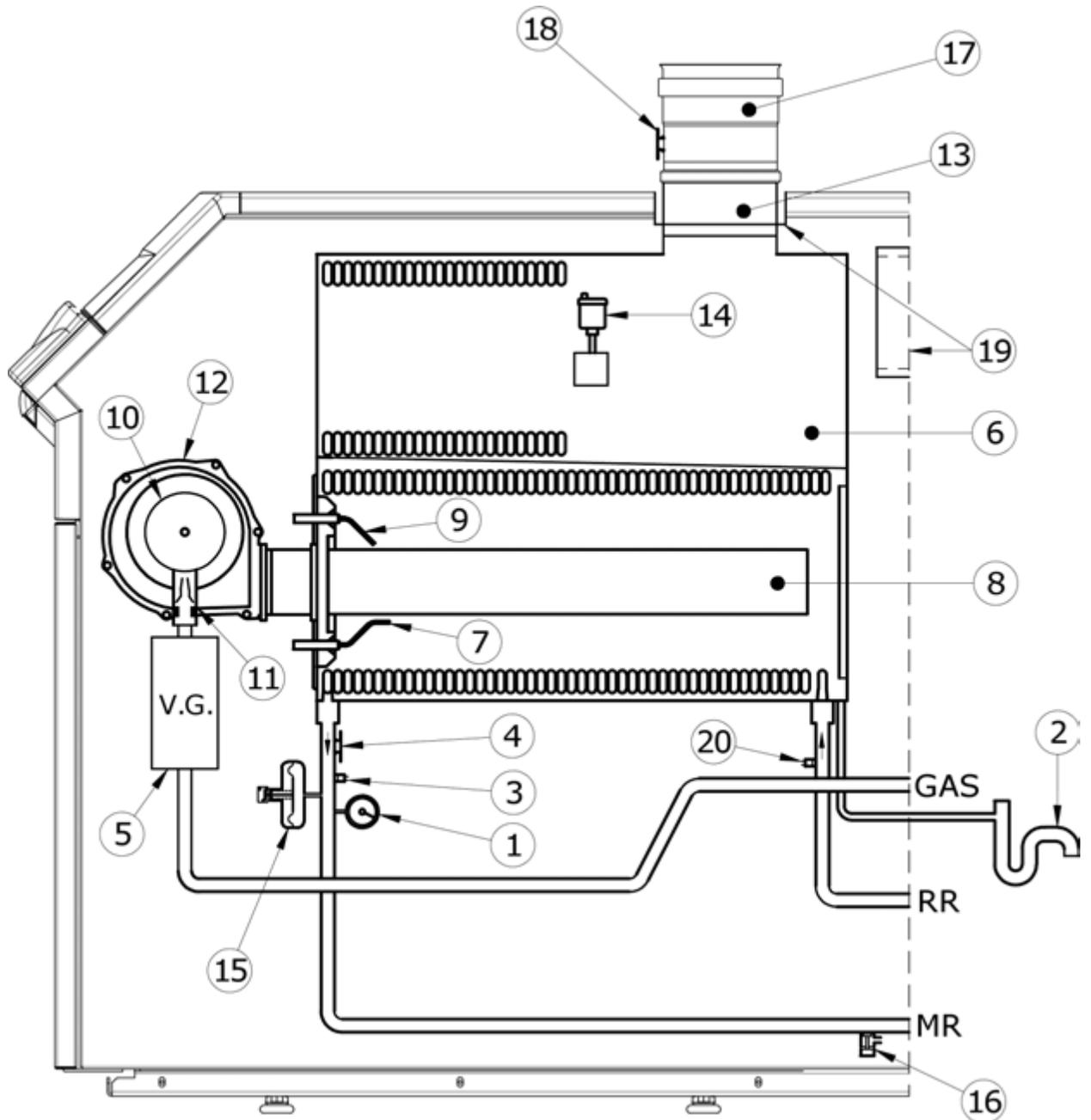


Рис 3.3 Будова газового конденсаційного котла BAXI POWER HT 1.1000

Позначення:

1. манометр
2. сифон
3. датчик температури (NTC) контуру опалення
4. термостат захисту від перегріву (105 °C)
5. газовий клапан
6. теплообмінник

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-HT-11393633-MP

Арк.

39

7. електрод контролю полум'я
8. горілка
9. електрод запалювання
10. змішувач з пристроєм Вентурі
11. газова діафрагма
12. вентилятор
13. перехідник димовідвідного пристрою
14. автоматичний повітровідвідний пристрій
15. пресостат мінімального тиску води
16. спускний клапан котла
17. димовідвідний пристрій з термостатом-датчиком тяги
18. термостат-датчик тяги
19. місце кріплення впускного патрубку
20. датчик температури (NTC) на трубі повернення

Характеристика кожного елемента:

- Манометр.

Манометр вимірює тиск води в системі опалення котла. Це допомагає стежити за станом системи та виявляти можливі проблеми, такі як низький або надмірно високий тиск, що може призвести до пошкодження котла або системи.

- Сифон.

Сифон служить для відведення конденсату, який утворюється в процесі охолодження димових газів. Він перешкоджає потраплянню водяної пари в котел, що може призвести до пошкодження електричних компонентів.

- Датчик температури (NTC) контуру опалення.

Датчик температури на основі термістора (NTC) вимірює температуру теплоносія в системі опалення. Це дозволяє регулювати роботу котла, забезпечуючи комфортну температуру в приміщеннях та оптимальну ефективність.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- Термостат захисту від перегріву (105 °С).

Термостат забезпечує захист котла від перегріву, вимикаючи його при досягненні температури 105°С. Це запобігає перегріву котла, що може призвести до його пошкодження або аварійної ситуації.

- Газовий клапан.

Газовий клапан відповідає за подачу газу до горілки котла. Він автоматично відкривається та закривається в залежності від потреби котла, що забезпечує безпечну та ефективну роботу системи.

- Теплообмінник.

Теплообмінник є основним елементом конденсаційного котла. Він забезпечує передачу тепла від гарячих димових газів до теплоносія. У конденсаційних котлах цей процес супроводжується конденсацією водяних парів, що підвищує ефективність.

- Електрод контролю полум'я.

Електрод контролю полум'я забезпечує безпеку роботи котла, перевіряючи наявність полум'я в горілці. Якщо полум'я відсутнє, котел автоматично вимикається, щоб уникнути витoku газу та потенційної небезпеки.

- Горілка.

Горілка – це компонент, що забезпечує згоряння газу в котлі. Вона підтримує процес горіння на стабільному рівні, забезпечуючи необхідну теплову потужність для нагріву теплоносія.

- Електрод запалювання.

Електрод запалювання ініціює процес горіння газу в котлі. Він генерує іскру, яка підпалює газ в камері згоряння, що є необхідним для запуску котла.

- Змішувач з пристроєм Вентурі та газова діафрагма.

Змішувач забезпечує правильне змішування повітря з газом перед подачею в горілку. Пристрій Вентурі використовується для забезпечення правильного співвідношення повітря та газу в процесі горіння, що дозволяє досягти високої ефективності горіння. Газова діафрагма регулює подачу газу залежно від потреби в теплоті.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вентилятор.

Вентилятор забезпечує подачу повітря до горілки для підтримки процесу горіння. Він також сприяє відведенню димових газів з котла через димохід, що покращує ефективність роботи котла.

- Перехідник димовідвідного пристрою.

Перехідник використовується для з'єднання котла з димохідною системою, через яку відводяться продукти горіння. Це необхідно для безпечного відведення димових газів з приміщення.

- Автоматичний повітровідвідний пристрій.

Це пристрій, який автоматично видаляє повітря з системи опалення, запобігаючи утворенню повітряних пробок, які можуть порушити циркуляцію теплоносія і знизити ефективність котла.

- Пресостат мінімального тиску води.

Пресостат контролює рівень тиску в системі водопостачання котла. Якщо тиск води знижується до критичного рівня, котел автоматично вимикається для запобігання його пошкодженню.

- Спускний клапан котла.

Спускний клапан дозволяє вивести надлишкову воду або тиск із системи. Це важливо для підтримки належного рівня тиску в котлі та забезпечення його безпеки.

- Димовідвідний пристрій з термостатом-датчиком тяги.

Димовідвідний пристрій дозволяє ефективно відводити димові гази з котла. Термостат-датчик тяги контролює правильну тягу в димовідвідному каналі та забезпечує стабільну роботу котла.

- Термостат-датчик тяги.

Термостат контролює температуру димових газів та тягу в димохідній системі. Якщо тяга недостатня, котел автоматично зупиняється для запобігання виходу продуктів горіння в приміщення.

- Місце кріплення впускного патрубку.

Це місце на корпусі котла, через яке здійснюється подача холодної води до

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплообмінника для її подальшого нагрівання.

- Датчик температури (NTC) на трубі повернення.

Цей датчик вимірює температуру води, що повертається в котел з системи опалення. Це дає можливість котлу автоматично регулювати свою потужність залежно від потреби в теплоті, забезпечуючи енергозбереження та ефективність роботи.



Рис 3.4 Зображення внутрішньої частини газового конденсаційного котла  
BAXI POWER NT 1.1000

Кожен з цих компонентів є невід'ємною частиною конденсаційного котла, що забезпечує його ефективність, безпеку та комфортну експлуатацію. Всі елементи працюють злагоджено, регулюючи різні аспекти роботи котла: подачу палива, теплоносія, відведення газів та контроль за температурою та тиском у системі.

Газова частина газового конденсаційного котла.

Газові пальники є важливим елементом конструкції конденсаційного котла Baxi POWER NT 1.1000, оскільки вони забезпечують ефективне згоряння палива та оптимальну роботу теплогенератора. Цей котел оснащений сучасними пальниками, які відповідають високим стандартам енергетичної ефективності, екологічності та надійності.

Основні характеристики пальників

**Тип пальника.** У котлі використовується модуляційний пальник із

									Арк.
									43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-NT-11393633-MP				

попереднім змішуванням газу з повітрям. Така конструкція дозволяє точно регулювати подачу газу та підтримувати стабільну температуру згоряння, що сприяє зменшенню теплових втрат і підвищенню ККД обладнання.

**Матеріал виготовлення.** Газовий пальник виготовлений із жаростійкої нержавіючої сталі, що забезпечує довговічність і стійкість до високих температур. Спеціальне покриття поверхні пальника сприяє рівномірному розподілу полум'я та запобігає утворенню оксидів.

**Принцип роботи.** Пальник працює за принципом модуляції, що дозволяє змінювати інтенсивність згоряння палива залежно від потреб системи. Це забезпечує плавний перехід між різними режимами роботи котла, знижуючи витрати газу та викиди шкідливих речовин.

**Екологічна безпека.** Завдяки технології попереднього змішування газу з повітрям, пальник забезпечує невеликий рівень викидів оксиду азоту (NOx) та вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>). Він відповідає екологічним нормам класу NOx-5, що є найбільш екологічним стандартом для сучасних опалювальних систем.

**Автоматизація роботи.** Газові пальники котла оснащені автоматичною системою управління, яка забезпечує контроль над подачею палива, запуском і припиненням роботи пальника. Система безпеки включає датчики контролю полум'я та рівня загазованості.

Газовий пальник у Вахі POWER HT 1.1000 забезпечує досягнення високого ККД завдяки повному згорянню палива та використанню конденсаційної технології. Пальник сприяє ефективному використанню енергії, що вивільняється не лише при згорянні газу, а й при конденсації водяної пари, яка утворюється в продуктах згоряння.

Таким чином, пальники конденсаційного котла Вахі POWER HT 1.1000 відіграють ключову роль у забезпеченні економічності, екологічності та надійності системи опалення. Їх технічні характеристики та особливості сприяють адаптації котла до сучасних вимог теплопостачання. На рисунку 3.5 зображено газовий клапан конденсаційного котла Вахі POWER HT 1.1000.

									Арк.
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-HT-11393633-MP				

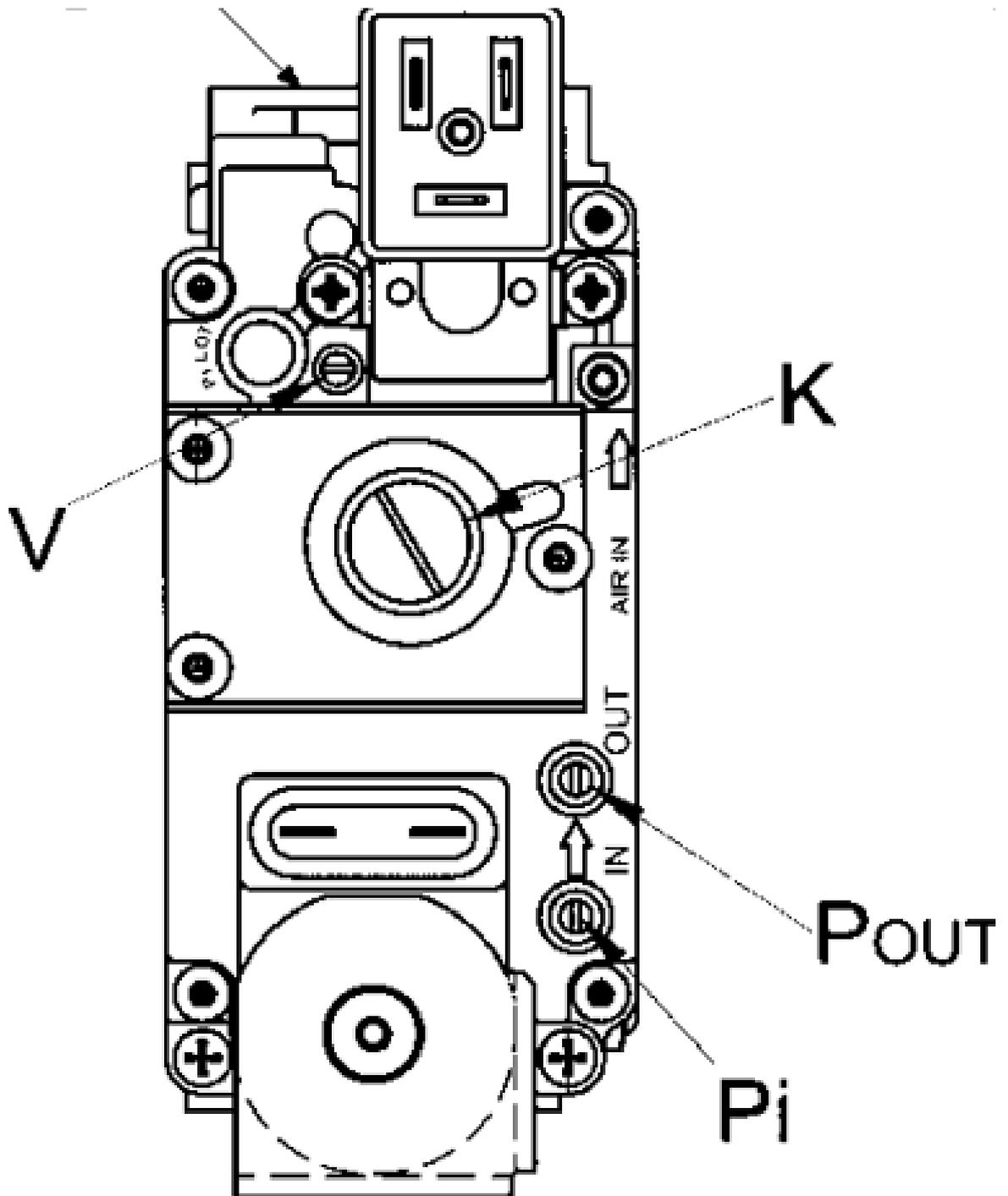


Рис. 3.5 Газовий клапан конденсаційного котла VaXi POWER HT 1.1000.

Pi: місце вимірювання тиску газу на подачі;

Pout: місце вимірювання тиску для визначення відхилень;

V: гвинт регулювання напору газу;

K: гвинт регулювання відхилень.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-HT-11393633-MP

Арк.

45

Таблиця 3.3 Паспортні дані споживання газу при використанні конденсаційного  
КОТЛА

Споживання газу при 15 °С 1013 мбар газ G20 – 2Н – 20мбар		POWER HT 1.1000
Питома теплотворна здатність	МДж/м <sup>3</sup>	34,02
Споживання газу при максимальному тиску	м <sup>3</sup> /год	10,4
Споживання газу при мінімальному тиску	м <sup>3</sup> /год	3,89
Газова діафрагма (мм)	мм	12
Вміст CO <sub>2</sub> при максимальній споживаній тепловій потужності	%	8,7
Вміст CO <sub>2</sub> при мінімальній споживаній тепловій потужності	%	8,6
Тиск P <sub>out</sub> при мінімальній споживаній тепловій потужності	Па	-
Параметри H536-H613 (об./хв.) при максимальній споживаній тепловій потужності		5650
Параметри H541-H610 PWM (%) при максимальній споживаній тепловій потужності		100
Параметр H612 (об./хв.) при мінімальній споживаній тепловій потужності		2100
Параметр H609 PWM (%) при мінімальній споживаній тепловій потужності		15
Параметр H611 (об./хв.) режим запалювання		3600
<b>Довжина витяжної труби: 0 - 10 м</b>		
Параметр H608 PWM (%) режим запалювання		30
<b>Довжина витяжної труби: 10 - 20 м</b>		
Параметр H608 PWM (%) режим запалювання		40
<b>Каскадна установка с одинарным адаптером Ø110/110 мм</b>		
Параметри H536-H613 (об./хв.) при максимальній споживаній тепловій потужності		6000
Параметр H612 (об./хв.) при мінімальній споживаній тепловій потужності		2250
Параметр H609 PWM (%) при мінімальній споживаній тепловій потужності		16
Параметр H608 PWM (%) режим запалювання		40

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-HT -11393633-MP	

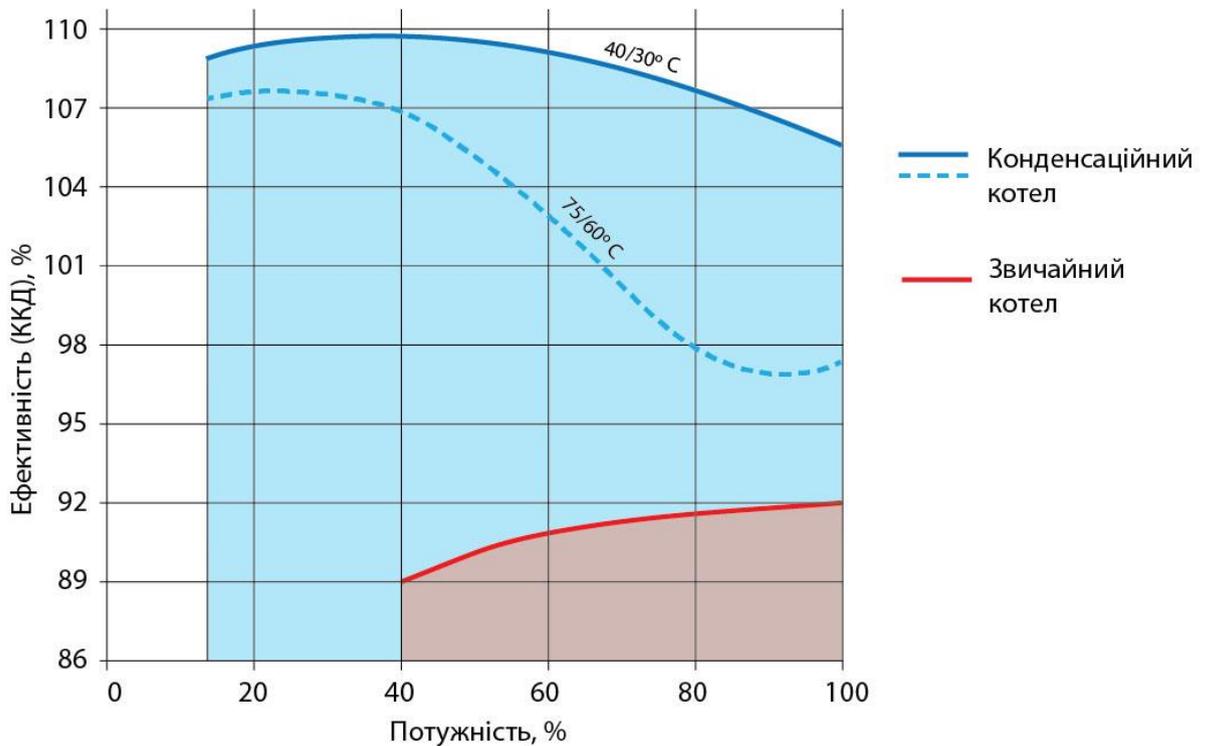


Рис 3.6 Графік залежності ефективності (ККД) від потужності для звичайного та конденсаційного котлів

Таким чином, конденсаційний котел є набагато ефективнішим, особливо у низькотемпературному режимі (40/30°C), де його ККД перевищує 107%. За умови правильної організації системи опалення, що працює при низьких температурах, конденсаційний котел дозволяє досягти значної економії газу та зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

#### Насосне обладнання

Циркуляційний насос обирається на основі гідравлічних характеристик мережі та обсягу води, що проходить через теплогенератор. Важливо враховувати, що теплогенератор працює під атмосферним тиском. Насос слід розташовувати після теплогенератора, підключивши його до патрубку виходу прямої мережної води або до колектора прямої мережевої води.

Конструкція насоса передбачає зниження вібрацій і шумів завдяки фланцевому кріпленню мотора безпосередньо до корпусу, єдиному валу та підшипникам, стійким до високого тиску. Ковзне торцеве ущільнення, незалежне від напрямку обертання, змащується перекачуваною рідиною завдяки

водяній плівці. Спеціальна конструкція робочого колеса мінімізує кавітацію, а фланці обладнані з'єднаннями для манометрів, що полегшує моніторинг тиску.

### 3.5 Розрахунок горіння природного газу

Головною метою розрахунку є визначення об'єму компонентів, що утворюються в результаті згоряння палива.

#### 3.5.1 Початкові дані.

а) Склад газоподібного палива заданий наступним чином:

$$CH_4 = 92.8\%;$$

$$C_2H_6 = 3.9\%;$$

$$C_3H_8 = 1.0\%;$$

$$C_4H_{10} = 0.4\%;$$

$$C_5H_{12} = 0.3\%;$$

$$CO_2 = 0.1\%;$$

$$N_2 = 1.5\%.$$

б) вологість повітря  $d_b = 7 \text{ г/нм}^3$ .

в) вміст вологи в газіві  $d_r = 7 \text{ г/нм}^3$ .

г) коефіцієнт надлишку повітря:  $\alpha = 1,2$

#### 3.5.2. Коефіцієнт надлишку повітря

#### 3.5.3 Сума компонентів газу $\Sigma = 100.09\%$

Уточнимо значення концентрації основного компонента, що займає найбільшу частку. У цьому випадку:  $CH_4 = 98.7 - 0.09 = 98.61\%$ .

Тоді  $\Sigma = 100.09\%$  ..

3.5.4 Для коректних розрахунків горіння необхідно перерахувати склад палива з урахуванням його вологості. Це передбачає трансформацію складу сухого газу у вологий шляхом визначення коефіцієнта перерахунку.

$$K_r = \frac{804}{804 + d_r}$$

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_r = \frac{804}{804 + 7} = 0,99$$

Склад вологого газу:

$$\begin{aligned} CH_4^{Bl} &= CH_4 \cdot K_r \\ CH_4^{Bl} &= 92.8 \cdot 0,99 = 91,872\%; \\ C_2H_6 &= 3.9 \cdot 0,99 = 3.861\%; \\ C_3H_8 &= 1.0 \cdot 0,99 = 0.99\%; \\ C_4H_{10} &= 0.4 \cdot 0,99 = 0.396\%; \\ C_5H_{12} &= 0.3 \cdot 0,99 = 0.297\%; \\ CO_2 &= 0.1 \cdot 0,99 = 0.099\%; \\ N_2 &= 1.5\% \cdot 0,99 = 1.485\% \end{aligned}$$

Сумарний склад компонентів газу з урахуванням його вологості:

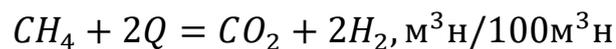
$$\Sigma = 99\%.$$

Зміст води в газі:

$$H_2O = 100 - 99 = 1\%$$

3.5.6 Розрахунок складових частин повітря та продуктів згоряння продемонструємо на прикладі окиснення  $CH_4$ .

3.5.7 Теоретично визначемо обсяг  $O_2$ , необхідний для спалювання 91.872 м<sup>3</sup>  $CH_4$ , за допомогою рівняння реакції горіння:



$$V_{O_2}^{B^0} = V_{CH_4} \cdot 2 = 91.872 \cdot 2 = 183.744 \text{ нм}^3 / 100 \text{ нм}^3$$

3.5.8 Вміст азоту в повітрі за обсягом в  $79/21 = 3,76$  раз більше, ніж зміст  $O_2$ , тому обсяг азоту  $V_{O_2}^{B^0} = 3.76$ ,

$$V_{O_2}^{B^0} = 183.744 \cdot 3.76 = 690.877 \text{ нм}^3 / 100 \text{ нм}^3$$

3.5.9 Обсяги  $CO_2$ ,  $H_2$  і  $H_2O$  в продуктах згоряння:

					601-НТ-11393633-МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$V_{CO_2}^0 \text{ пр. ст} = V_{CH_4} = 91.872 \frac{\text{м}^3 \text{Н}}{100 \text{мН}^3},$$

$$V_{N_2}^0 \text{ пр. ст} = V_{O_2}^{B^0} = 690.877 \frac{\text{м}^3 \text{Н}}{100 \text{мН}^3}$$

$$V_{H_2O}^0 \text{ пр. ст} = V_{CH_4} = 2 \cdot 91.872 = 183.744 \frac{\text{м}^3 \text{Н}}{100 \text{мН}^3}$$

Загальний обсяг продуктів згорання

$$V_{\text{пр.ст}}^0 = V_{CO \text{ пр.ст}}^0 + V_{N_2 \text{ пр.ст}}^0 + V_{H_2O \text{ пр.ст}}^0$$

$$V_{\text{пр.ст}}^0 = 91.872 + 690.877 + 183.744 = 874.621 \text{ м}^3 / 100 \text{ мН}^3$$

Ми розглянули, як зміна конвекційного котла на конденсаційний може призвести до значного підвищення енергоефективності. Однак, навіть після цієї заміни, потенціал для подальшого підвищення ефективності залишається. Один із способів досягти цього — модернізація системи опалення в навчальному закладі. Застосування сучасних технологій, таких як автоматизація управління температурою, оптимізація трубопроводів та впровадження інноваційних рішень для розподілу тепла, дозволить значно знизити енергоспоживання та покращити комфорт для учнів та працівників закладу. Також важливим аспектом є модернізація трубопроводів та радіаторних систем. Встановлення сучасних радіаторів, що мають більшу тепловіддачу, та заміна старих труб на більш ефективні можуть значно покращити рівномірність розподілу тепла в приміщеннях. Оновлення інженерних мереж дозволить зменшити втрати тепла, що часто мають місце через старі, зношені системи.

Далі ми проведемо розрахунки системи опалення та запропонуємо конструкторські рішення по її модернізації.

					601-НТ-11393633-МР	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.6. Розрахунок системи опалення

#### 3.6.1 Розрахунок теплових навантажень на систему опалення.

Умови експлуатації матеріалу огорожень визначаємо за [20, дод. К]. Так як режим вологості приміщень нормальний та вологий, то умови експлуатації матеріалу огорожувальних конструкцій приймаємо Б.

Приймаємо огороження з послідовно розташованими однорідними шарами матеріалу. Стіни зовнішні – цегла керамічна, густиною  $1400\text{кг/м}^3$  – (500 мм), оштукатурені з однієї сторони: із внутрішньої – 20 мм. Товщина утеплювача (за необхідністю) визначається за теплотехнічним розрахунком зовнішньої стіни. Переkritтя над підвалом – бетонне – 90 мм, покрите шаром вирівнюючої стяжки із асфальту – 20 мм, в якості покриття підлоги – паркет – 12 мм; матеріал утеплювача та його товщина – див. п.2.2). Горищне переkritтя влаштоване із армованого ніздрюватого бетону – 200 мм, асфальтової стяжки – 20 мм, трьох шарів руберойду – 6 мм. Розрахункові коефіцієнти теплопровідності для будівельних матеріалів, з яких складається конструкція огороження, визначаємо згідно [20, дод. Л].

Дані по теплотехнічним показникам матеріалів огорожень наведені в розділі 2. Розрахункові коефіцієнти теплопровідності для будівельних матеріалів, з яких складається конструкція огороження, визначаємо згідно [20, дод. Л].

Залежно від виду температурної зони експлуатації будинку для кожного виду зовнішнього огороження приймаємо за [20, табл.1] мінімально допустимі значення опору теплопередачі,  $R_{q\min}$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$  та наводимо в таблиці 1.3.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6.1 - Мінімально-допустимі значення опору теплопередачі огорожень

№ з/п	Назва огороження	Опір теплопередачі $R_{q \min}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Коефіцієнт теплопередачі $K$ , $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$
1	Зовнішня стіна	3,3	0,3
2	Перекриття над підвалом	3,75	0,27
3	Перекриття над горищем	5,35	0,19
4	Вікна, балконні двері	0,5	2
5	Вхідні двері	0,65	1,54

Теплоізоляційні властивості зовнішніх огорожень визначаються величиною опору теплопередачі  $R_{\Sigma}$  ( $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$ ) який розраховується за формулою:

$$R_{\Phi} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}$$

Де,  $\alpha_{\text{в}}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороження, приймається згідно з [20, додатку Е],  $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$\delta_i$  – товщина шарів однорідної огорожувальної конструкції, м;

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу шарів, приймається згідно [20, додатку Л];

$\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  приймається за [20, додаток Е].

Необхідна товщина шару утеплювача визначається за формулою:

$$\delta_{\text{ут}} = \lambda_{\text{ут}} \times (R_{q \min} - (\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\delta_i}{\lambda_{pi}} + \frac{1}{\alpha_3})), \text{ м}$$

де  $\lambda_{\text{ут}}$  - коефіцієнт теплопровідності матеріалу утеплювача,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$R_{q \min}$  - мінімально допустиме значення опору теплопередачі даного огороження,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$\alpha_3$  - коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні огороження, приймаємо згідно [20, дод. Е];

$\delta_i$  - товщина і-того шару огородження, м;

$\lambda_{pi}$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності і-того шару огородження, Вт/(м·К);

$\alpha_e$  - коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні огородження, приймаємо за [20, дод. Е].

Знаючи товщину утеплювача, розраховуємо опір теплопередачі  $R_\phi$ , який має бути дещо більшим або рівним мінімально допустимому значенню для даного огородження,  $R_{qmin}$  і коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{R_\phi}, \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot \text{ К})$$

Визначимо опір теплопередачі за формулою для конструкції зовнішньої стіни, заданої вихідними даними:

$$R_\phi^{3C} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,64} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 1,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{ К/Вт)}$$

$R_\phi^{3C} = 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{ К/Вт} < R_{qmin} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{ К/Вт}$  – отже, конструкція зовнішньої стіни, заданої вихідними даними є недостатньою за результатами теплотехнічного розрахунку.

Підбираємо товщину утеплювача. В якості утеплювача – мінеральна вата.

Таблиця 3.6.2 - До теплотехнічного розрахунку зовнішньої стіни

№п/п	Назва матеріалу	Густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина шару $\delta$ , м	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda_p$ Вт/(м·К)
1	2	3	4	5
1	Цегла керамічна порожниста	1400	0,5	0,64
2	Розчин цементно-піщаний	1600	0,03	0,81

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-НТ -11393633-МР

Арк.

53

3	Плити з мінеральної вати	50	?	0,042
4	Розчин цементно-піщаний	1600	0,02	0,81

Необхідна товщина шару утеплювача визначається:

$$\delta_{\text{ум}}^{3,с} = 0,045 \times (3,3 - (\frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,64} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23})) = 0,965 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача зовнішньої стіни – 100 мм.

Фактичний опір теплопередачі:

$$R_{\phi}^{3с} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,64} + \frac{0,03}{0,81} + \frac{0,10}{0,042} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 3,38 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$$

$R_{\phi}^{3с} = 3,38 > R_{q\text{min}} = 3,3$  - розрахунок утеплювача вірний.

Остаточний коефіцієнт теплопередачі становитиме:

$$K^{3с} = \frac{1}{3,38} = 0,3 \text{ (Вт/( м}^2 \cdot \text{К))}$$

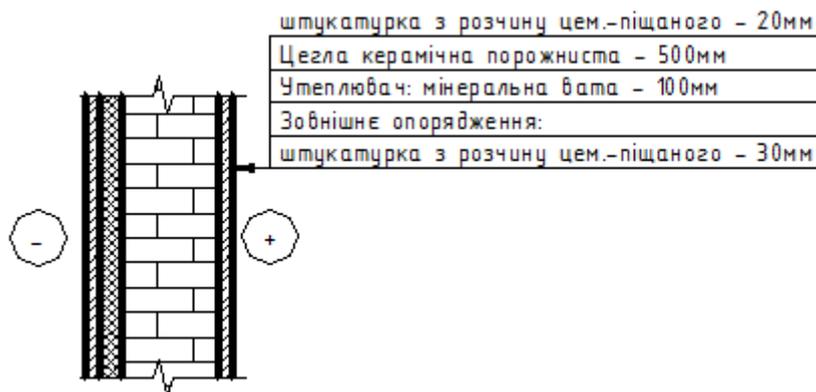


Рисунок 3.6.1 – Конструкція зовнішньої стіни після теплотехнічного розрахунку

Підбираємо необхідна товщину шару утеплювача для підвального перекриття. В якості утеплювача – мінеральна вата.

Таблиця 3.6.3 - До теплотехнічного розрахунку підвального перекриття

№п/п	Назва матеріалу	Густина, $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина шару $\delta$ , м	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda_p$ Вт/(м·К)
1	2	3	4	5
1	Бетон	2400	0,09	1,86
2	Стяжка асфальтобетонна	2100	0,02	1,05
3	Плити з мінеральної вати	50	?	0,042
4	Підлога-паркет (дуб з поперечними волокнами)	700	0,012	0,23

$$\delta_{\text{ум}}^{\text{III}} = 0,042 \times \left( 3,75 - \left( \frac{1}{8,7} + \frac{0,09}{1,86} + \frac{0,02}{1,05} + \frac{0,012}{0,23} + \frac{1}{12} \right) \right) = 0,144 \text{ м}$$

Приймаємо товщину утеплювача підвального перекриття – 150 мм.

Фактичний опір теплопередачі становитиме:

$$R_{\phi}^{\text{III}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,09}{1,86} + \frac{0,02}{1,05} + \frac{0,15}{0,042} + \frac{0,012}{0,23} + \frac{1}{12} = 3,88 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)}$$

$R_{\phi}^{\text{III}} = 3,88 > R_{q\text{min}} = 3,75$  - розрахунок утеплювача вірний.

Остаточний коефіцієнт теплопередачі становитиме:

$$K^{\text{III}} = \frac{1}{3,88} = 0,26 \text{ (Вт/(м}^2 \cdot \text{К))}$$



Рисунок 3.6.2 – Конструкція підвального перекриття після теплотехнічного розрахунку

3.6.2 Обчислення теплонадходжень в холодну пору року від постійно працюючого технологічного обладнання та інших джерел, які виділяють зайве тепло.

У будівлях адміністративного та громадського призначення, окрім приміщень виробничого типу (такі як кухні загального користування та лабораторії), основними джерелами теплонадходжень є люди та електричне освітлення (за умови його безперервної роботи).

Для розрахунку необхідного повітрообміну для видалення надлишкового тепла в кубічних метрах на годину використовується така формула:

$$L_Q = \frac{Q_{\text{явн}}}{c(t_{\text{вит}} - t_{\text{пр}})\rho}$$

де  $Q_{\text{явн}}$  - явні надлишкові теплонадходження (різниця між явними теплонадходженнями та тепловтратами через огородження):

$Q_{\text{явн}} = Q_{\text{пр.осв.}} + Q_{\text{обл.}} + Q_{\text{люд}} + Q_{\text{с.р}} - Q_{\text{ох.}}$ , кДж/год; теплонадлишки, виражені у ватах, слід перевести в кДж/год, множачи на коефіцієнт 3,6;

$c$  - питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/(кг °С);

$t_{\text{вит}}$  - температура витяжного повітря, °С ;

$t_{\text{пр}}$  - температура припливного повітря, °С ;

$\rho$  - густина повітря, кг/м<sup>3</sup> .

Для визначення повітрообміну, приведенного до стандартних умов, потрібно використовувати значення густини повітря, що дорівнює  $\text{кг/м}^3$ . Температура при витяжці з робочої зони приймається такою ж, як і температура обслуговуваного приміщення. Якщо ж витяжка проводиться з верхньої зони, слід враховувати підвищення температури з висотою. Для громадських та адміністративних будівель рекомендується визначати температуру верхньої зони за допомогою наступного рівняння.

$$t_{\text{внут}} = t_{\text{вн}} + a(H - 2),$$

де  $t_{\text{вн}}$  - температура внутрішнього повітря,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$H$  - висота приміщення, м;

$a$  - температурний градієнт по висоті,  $^{\circ}\text{C/м}$ ;

2 - висота обслуговуючої зони, м ( $H_{\text{оз}}=1,5$  м, коли люди знаходяться в сидячому положенні).

Для зазначених споруд градієнт температури по висоті можна приймати рівним  $0,5$   $^{\circ}\text{C/м}$ . Точніше значення можна визначити за даними [10, с.93].

Для деяких приміщень, таких як глядацькі зали, норми визначають температуру  $t_{\text{внут}}$  як

$$t_{\text{внут}} = t_{\text{вн}} + 3^{\circ}\text{C}.$$

Розрахунок видалення надлишкового тепла в адміністративних будівлях потрібно виконувати окремо для холодного та теплого періодів року.

Холодний період року. В цей час основними джерелами тепла в приміщеннях є люди, система опалення та електричне освітлення. У деяких приміщеннях можуть бути додаткові джерела тепла, такі як кухонні плити або лабораторні печі. Водночас, теплонадходження від сонячної радіації в холодний період року не враховуються.. Якщо в проектувальних документах зазначено, що опалення може бути вимкнене під час максимальних теплонадходжень, то для обчислення необхідно відняти тепловтрати від загальних

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплонадходжень. Однак у більшості випадків опалення не вимикається, тому воно частково компенсує тепловтрати, і залишаються лише теплонадходження від людей, електричного освітлення та обладнання. Теплонадходження від людей можна визначити за даними з [21, с.30].

Електричне освітлення враховується лише в разі його безперервного використання. При цьому  $Q_{осв}$ , кВт, де  $N_{осв}$  - установлена потужність освітлювального обладнання в приміщенні. При цьому  $Q_{осв} = N_{осв}$ , кВт, де  $N_{осв}$  - установлена потужність освітлювального обладнання в приміщенні.

В холодну пору року при розрахунках для видалення тепла внутрішню температуру в обслуговуваній зоні  $t_{оз} = t_{вн}$  доцільно встановлювати на максимально допустимому рівні, тобто 22°C.

Проектувальник має можливість вибирати температуру припливного повітря в холодний період року на власний розсуд, проте важливо враховувати максимально допустиму різницю температур. З одного боку, зовнішнє повітря можна підігріти до будь-якої температури, і чим нижчою буде ця температура, тим менший обсяг повітрообміну буде потрібен. Однак з іншого боку, занадто низька температура припливного повітря може спричинити у людей відчуття холодного протягу.

Приблизну різницю між внутрішньою температурою для досягнення бажаного рівня за температурою можна визначити, скориставшись таблицею 3.6.4.

Для більш точного визначення різниці температур можна здійснити розрахунок розподілу повітря в приміщенні, що дозволить виявити швидкість і надлишкову температуру в зонах, де повітряний потік може впливати на людину.

Таблиця 3.6.4 Максимально допустима різниця температур °С при подачі холодного повітря в верхню частину приміщення.

Таблиця 3.6.4 Максимальна допустима різниця температур °С при подачі холодного повітря в верхню частину приміщення.

Висота приміщення	3	4	5	6
Випуск повітря через решітку, розташовану в стіні під стелею	3	5	6	7
Випуск повітря через розподільник повітря на стелі	4	6	7	8

На початковому етапі повітрообмін за теплом у зимовий період можна розрахувати за допомогою таблиці

3.6.4. Остаточний вибір параметрів повітрообміну доцільно виконати після проведення розрахунків повітророзподілу.

Розглянемо детальніше процес визначення необхідного повітрообміну за теплом у холодний період року для актового залу на 80 осіб у місті Зіньків. Основними параметрами є потужність електричного освітлення, яке складає 3,0 кВт, та увімкнене опалення, яке працює навіть при повному заповненні залу. Повітрообмін здійснюється за допомогою витяжки повітря з верхньої зони приміщення на висоті 6 м від підлоги, а припливне повітря подається також у верхню зону через решітки, встановлені в стіні.

Температура у зоні обслуговування приймається на верхній межі допустимих значень, що становить +22°C. Це забезпечує комфортні умови для присутніх і враховує нормативні вимоги щодо температурного режиму в приміщеннях подібного типу.

Розрахунок тепловиділень

Тепловиділення від людей визначаються відповідно до даних, наведених у [11, с.30]. Для актуального випадку розумова діяльність прирівнюється до

легкої фізичної роботи. Інтерполюючи значення, отримуємо явні тепловиділення від однієї людини у кДж/год.

Загальні теплонадлишки

Загальні явні теплонадлишки складаються з:

теповиділень від присутніх у приміщенні осіб (80 осіб помножені на явне тепловиділення однієї людини);

тепла, що виділяється від роботи електричного освітлення (3,0 кВт у кДж/год);

додаткового тепла, яке враховується залежно від інших джерел або умов.

Сумуючи всі ці компоненти, отримуємо загальне значення явних теплонадлишків, яке становить кДж/год.

Отримані результати дозволяють визначити необхідний повітрообмін для забезпечення оптимальних температурних умов у залі. На основі цих даних можна проводити подальші розрахунки системи вентиляції, зокрема обчислення необхідного об'єму припливного та витяжного повітря.

Загальні явні теплові надлишки складають кДж/год. Це значення теплових надлишків буде рівним кДж/год. Температура повітря, яке видаляється з верхньої зони, становить °С. Температура припливного повітря, згідно з таблицею 3.6, приймається як °С. Виходячи з цього, необхідний повітрообмін визначається за формулою (2.4), м<sup>3</sup>/год

У теплий період року основними джерелами теплопоступлень є люди та сонячна радіація. Електричне освітлення враховується лише в разі, якщо його робота співпадає за часом з іншими джерелами теплопоступлень. Теплопередача через огорожувальні конструкції, яка викликана різницею температур між внутрішнім та зовнішнім повітрям, зазвичай не враховується при стандартній вентиляції.

Температура у зоні обслуговування в громадських будівлях приймається на 3°С вищою за температуру зовнішнього повітря (за параметрами А), але не повинна перевищувати 28°С у районах, де розрахована зовнішня температура

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(за параметрами А) становить до 25°C. У регіонах із температурою за параметрами А, що перевищує 28°C, температура в зоні обслуговування не повинна бути більш ніж на 3°C вищою за зовнішню.

Розрахунок теплопоступлень від людей виконується аналогічно до розрахунків для холодного періоду [22, с.62].

Теплопоступлення від сонячної радіації розглядаються більш детально. Сонячна енергія потрапляє до будівлі через вікна та покрівлю. Для розрахунку теплонадходжень через заklenі конструкції можна використовувати універсальну формулу, яка визначає теплопоступлення,  $Q_3$ , Вт, для кожної години,

$$Q_3 = Q_{сон} \cdot F_{осв} + Q_{тін} \cdot F_{тін}, \quad (2.6)$$

де:

$Q_{сон}$  – теплопоступлення від прямої та розсіяної сонячної радіації в липні через вертикальне одинарне скління (значення для кожної години можна знайти у відповідних таблицях, наприклад, [22, табл. 2.16]). Для подвійного скління вводиться коефіцієнт 0,9, для потрійного – 0,8, для склоблоків – 0,7;

$F_{осв}$  – площа прорізів, на які в даний час потрапляє сонячне світло, м<sup>2</sup>;

$F_{тін}$  – площа прорізів, що знаходяться в тіні, м<sup>2</sup>.

За необхідності отримане у Вт значення повинне бути переведене у кДж/год шляхом множення на коефіцієнт 3,6.

Теплопоступлення через покрівлю від сонячної радіації за умов звичайної вентиляції враховуються на основі їх середньодобового значення.

Підрахунки ведуться за формулами:

$$Q = \frac{F}{R_o} (t_3^{ym} - t_{ез}); \quad t_3^{ym} = t_3 + \frac{\rho I_{сер}}{\alpha_2}; \quad \alpha_2 = (5 + 10\sqrt{v}) 1,16$$

де  $F$  – площа покриття покрівлі, м<sup>2</sup> ;

$R_o$  – термічний опір конструкцій покрівлі,  $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$  ;

					601-НТ-11393633-МР	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha_2$  - коефіцієнт теплообміну біля горизонтальної зовнішньої поверхні,  
 $\frac{Вт}{м^2 \text{ } ^\circ C}$ ;

$t_{\text{вз}}$  - розрахункова температура верхньої зони приміщення для теплового періоду року,  $^\circ C$ ;

$\rho$  - коефіцієнт теплопоглинання матеріалу покрівлі;

$I_{\text{сер}}$  - середній добовий тепловий потік на горизонтальну поверхню в липні,  
 $\frac{Вт}{м^2}$ ;

$v$  - розрахункова швидкість вітру в липні [20, додаток 8].

Визначення необхідного повітрообміну по теплу в теплий період року для лекційного залу

Вихідні дані:

Максимальні теплонадходження від сонячної радіації через вікна складають 24 000 кДж/год, а середньодобові теплонадходження через покрівлю — 10 000 кДж/год. Припливне повітря подається в зал без попередньої обробки.

Рішення. Згідно з параметрами А для м. Зіньків, зовнішня температура становить  $t_3^A = 24,5 \text{ } ^\circ C$  [20, додаток 8]. Температура в зоні обслуговування розраховується як  $t_{\text{вн}} = 24,5 + 3 = 27,5 \text{ } ^\circ C$ . Температура у верхній зоні, з урахуванням градієнта температури  $0,5 \text{ } ^\circ C/м$ , становить:  $t_{\text{вум}} = 29,5 \text{ } ^\circ C$ . Явні теплові виділення однією людиною при температурі  $27,5 \text{ } ^\circ C$  та розумовій роботі, згідно з [11, с. 30], складають 42 ккал/год, що еквівалентно 189 кДж/год. Тому загальні явні теплові надлишки дорівнюють  $189 \times 200 + 2400 + 10000 = 71800$  кДж/год.

Загальні теплонадлишки:

$$L_Q = \frac{71800}{1,005(29,5 - 24,5)1,2} = 11970 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.6.3 Розробка теплових балансів опалюваних приміщень та обґрунтування розрахункової потужності системи опалення.

Теплова потужність системи опалення залежить від тепловтрат будинку, які дорівнюють сумі розрахункових втрат тепла опалюваними приміщеннями.

Розрахункові втрати тепла приміщенням знаходяться за формулою:

$$Q_1 = Q_a + Q_v, \text{ кВт}$$

де  $Q_a$  - втрати тепла крізь огороження, кВт;

$Q_v$  - втрати тепла на нагрів вентиляційного повітря, кВт.

$$Q_a = K \times A \times (t_g - t_s) \times (1 + \sum \beta) \times n, \text{ Вт}$$

де  $A$  – розрахункова площа огороження, м<sup>2</sup>;

$K$  - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$t_g$  - розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_s$  - розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

$\beta$  - коефіцієнт додаткових втрат тепла в долях від основних втрат, який враховується лише для вертикальних зовнішніх огорожень, зорієнтованих на напрямки, звідки в січні дме вітер повторюваністю не менше 15%, в розмірі 0,05 при швидкості вітру до 5 м/с та 0,1 при більшій швидкості.

Коефіцієнт  $n$  для підвального перекриття визначається за формулою:

$$n = \frac{t_g - t_x}{t_g - t_s} = \frac{20 - 5}{20 - (-22)} = 0,36$$

де  $t_x$  - температура повітря в підвальному приміщенні. Приймаємо  $t_x = 5^\circ\text{C}$ .

Втрати тепла на нагрів вентиляційного повітря  $Q_v$ :

$$Q_v = 0,337 \times A_n \times h \times (t_g - t_s), \text{ Вт}$$

де  $A_n$  - площа підлоги, м<sup>2</sup>;

$h$  - висота приміщення від підлоги до стелі, м.

Втрати тепла на нагрівання вентилязованого повітря, яке проникає через сходову клітину визначаються за виразом:

$$Q_v^{ex.k} = 0,7 \times B \times (H + 0,8 \times P) \times (t_g - t_s), \text{ Вт}$$

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $B$  - коефіцієнт, який враховує конструкцію вхідних дверей, для дверей подвійних з одним тамбуром  $B=1$ ;

$H$  - висота сходової клітини, м

$P$  - кількість людей, які користуються вхідними дверима в будинок:

$$P = N_{\text{кв}} \times n_{\text{жит.1 кв}} = (6 \times 4) \times 3 = 72 \text{ (чол.)}$$

За формулою (2.13) втрати тепла на нагрівання вентиляованого повітря, яке проникає через сходову клітину становитиме

$$Q_6^{\text{сх.к}} = 0,7 \times 1 \times (12,4 + 0,8 \times 72) \times (16 - (-22)) = 1860 \text{ (Вт)}$$

Теплову потужність системи опалення визначаємо за формулою:

$$Q = Q_1 \times b_1 \times b_2 + Q_2 - Q_3, \text{ кВт}$$

де  $Q_1$  - розраховані тепловтрати будинку, кВт;  $Q_1 = 65040 \text{ Вт} = 65,04 \text{ кВт}$

$b_1$  - коефіцієнт, що враховує додатковий тепловий потік від опалювальних приладів через округлення понад розрахункове значення, приймаємо  $b_1 = 1,084$ ;

$b_2$  - коефіцієнт, що враховує додаткові теплові втрати від опалювальних приладів, розташованих поблизу зовнішніх огорожень, які виникають при відсутності теплових екранів  $b_2 = 1,015$ ;

$Q_2$  - втрати тепла через трубопроводи, прокладені в неопалюваних приміщеннях, не можуть бути визначені до виконання гідравлічного розрахунку системи опалення. Тому для цих втрат приймається максимально допустиме значення, що становить 4 % від загальних тепловтрат будівлі:

$$Q_2 = 0,04 \times Q_1, \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 0,04 \times 65,04 = 2,6 \text{ кВт};$$

$Q_3$  - тепловий потік, що постійно надходить від освітлення, обладнання та людей, визначається для всієї системи опалення будівлі за розрахунком  $0,01 \text{ кВт/1 м}^2$  загальної площі:

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_3 = 0,01 \times F_{\text{нов}} \times n, \text{ кВт}$$

де  $F_{\text{нов}}$  - площа поверху будівлі,  $\text{м}^2$ ;

$n$  – кількість поверхів

$$Q_3 = 0,01 \times 416,4 \times 4 = 16,6 \text{ кВт}$$

$$Q = 65,04 \times 1,084 \times 1,015 + 2,6 - 16,6 = 73 \text{ кВт}$$

Розрахункову річну потребу в теплі системи опалення визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{річ}} = 0,086 \times Q \times S \times \frac{a \times b \times c}{(t_6 - t_3)}, \text{ ГДж}$$

де  $Q$  - теплове навантаження системи опалення, кВт;

$S$  - розрахункова кількість градусодіб у опалювальний період;

$a$  - коефіцієнт, який слід враховувати, якщо система опалення обладнана автоматичними пристроями для зменшення теплової потужності в неробочий час; для житлових будинків коефіцієнт дорівнює 1,0;

$b$  - коефіцієнт, який потрібно враховувати, якщо понад 75 % опалювальних приладів оснащені терморегуляторами; в цьому випадку коефіцієнт становить 0,9;

$c$  - коефіцієнт, який враховується, якщо система опалення має можливість фасадного автоматичного регулювання; при цьому коефіцієнт дорівнює 1.

$$Q_{\text{річ}} = 0,086 \times 73,0 \times 3501 \times \frac{1,0 \times 0,9 \times 1,0}{(20 - (-22))} = 471 \text{ ГДж.}$$

Визначаємо витрату теплоносія в опалювальній системі:

$$G = 3,6 \times \frac{Q \times 10^3}{c \times (t_2 - t_o)}, \text{ кг/год}$$

де  $Q$  - тепла потужність опалювальної системи, кВт;

$c$  - питома теплоємність води, яку приймають  $c = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$ ;

$t_2$  і  $t_o$  - розрахункові температури води в системі опалення відповідно гарячої та охолодженої,  $\text{°C}$ .

$$G = 3,6 \times \frac{73 \times 10^3}{4,2 \times (95 - 70)} = 2503 \text{ (кг/год)}$$

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.7 Конструювання системи опалення.

#### 3.7.1 Вибір теплоносія та його розрахункових параметрів.

Число секцій опалювальних приладів визначається за такою формулою:

$$n = \frac{Q_{np}}{q_{np}}, шт;$$

де  $Q_{np}$  - необхідна тепловіддача приладу, Вт;

$q_{np}$  – тепловий потік приладу, Вт.

Тепловіддачею відкрито прокладених трубопроводів можна зневажити, якщо:

$$Q_{np} = Q_{ном} \cdot \kappa$$

$$q_{np} = q_{ном} \cdot \kappa, Вт$$

де  $q_{ном}$  – номінальний тепловий потік приладу, Вт; табл. 3.7.1 для радіатора Global або технічні характеристики інших опалювальних приладів.

$\kappa$  - поправочний коефіцієнт, табл. 3.7.2.

Витрата теплоносія через прилад визначається за формулою:

$$G = \frac{Q_i}{C \cdot (T_1 - T_2)}, кг/с$$

де  $C$  - питома теплоємність теплоносія,  $C = 4187$  Дж/кг·град,

$\Delta t$  - середній температурний напір, що визначається за формулою:

$$\Delta t = \frac{T_{вх} + T_{вих}}{2} - t_B,$$

де  $t_B$  – температура повітря всередині приміщення, °С;

$T_{вх}, T_{вих}$  - температура теплоносія на вході і виході з приладу, °С;

$N_y$  – настановне число секцій, шт, округляється до цілих значень.

Розрахункове число секцій приладів зазвичай округлюється до найближчого більшого числа, допускаючи зменшення теплового потоку не більше ніж на 5% (але не більше ніж на 60 Вт).

					601-НТ-11393633-МР	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вибору та розрахунку опалювальних приладів для ванних кімнат, розташованих біля зовнішніх стін, слід застосовувати спеціалізовані прилади, технічні характеристики яких наведені в таблиці 3.7.3.

Таблиця 3.7.1 Технічні характеристики однієї секції радіатора Global

Модель	Розміри, мм				Тиск, атм		Вага, кг	Обсяг, л	Номінальний тепловий потік		
	А	В	С	D	Робоч.	тест.			$\Delta 50^{\circ}\text{C}$	$\Delta 60^{\circ}\text{C}$	$\Delta 70^{\circ}\text{C}$
VIP 350	440	80	95	350	16	24	1.13	0.35	97	124	151
VIP 500	590	80	95	500	16	24	1.62	0.39	125	160	195
VIP 600	690	80	95	600	16	24	1.66	0.49	143	183	224
VIP 700	790	80	95	700	16	24	2.05	0.53	162	208	254
VIP 800	890	80	95	800	16	24	2.19	0.59	181	233	284
Style 350	425	80	80	350	35	52	1.5	0.17	80	103	125
Style 500	575	80	80	500	35	52	1.9	0.20	108	138	168

Таблиця 3.7.2 Поправочний коефіцієнт

$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$	К								
<b>40</b>	0,74	<b>46</b>	0,89	<b>52</b>	1,05	<b>58</b>	1,22	<b>64</b>	1,40
<b>41</b>	0,76	<b>47</b>	0,92	<b>53</b>	1,08	<b>59</b>	1,25	<b>65</b>	1,42
<b>42</b>	0,79	<b>48</b>	0,95	<b>54</b>	1,11	<b>60</b>	1,28	<b>66</b>	1,45
<b>43</b>	0,82	<b>49</b>	0,97	<b>55</b>	1,14	<b>61</b>	1,31	<b>67</b>	1,48
<b>44</b>	0,85	<b>50</b>	1,00	<b>56</b>	1,17	<b>62</b>	1,34	<b>68</b>	1,51
<b>45</b>	0,87	<b>51</b>	1,03	<b>57</b>	1,19	<b>63</b>	1,37	<b>69</b>	1,53

Таблиця 3.7.3 Характеристика радіатора для ванної кімнати PURMO

Номер	Потужність, Вт	Ширина L, мм	Висота H, мм	Водяний об'єм, дм <sup>3</sup>	Кількість горизонтальних колекторів	Маса, кг
PC03 SEC	356	500	530	2,8	6	8
PC06 SEC	505	500	980	4,9	12	10
PC09 SEC	727	500	1505	7,6	18	16
PC12 SEC	961	600	1655	9,4	23	18

3.7.2 Обґрунтування конфігурації системи опалення, вибору типу опалювальних приладів і варіанту підключення системи до джерела теплопостачання.

Для закладу освіти в умовах Зіньківської ОТГ Полтавської області, де важливо забезпечити ефективне та економічне опалення в умовах помірному клімату та можливих перебоїв з енергопостачанням, оптимальним вибором є водяна система опалення з центральним котлом та радіаторами в основних приміщеннях.

Схема:

1. Центральний котел (може бути газовий або твердопаливний) забезпечує підігрів води.
2. Вода циркулює через теплотрубопроводи до радіаторів в класах, коридорах та інших приміщеннях.
3. Встановлення терморегуляторів для кожного приміщення дає можливість підтримувати оптимальну температуру залежно від зони.
4. Вентиляційні канали та можливість подачі свіжого повітря підтримують циркуляцію повітря в закладі, що дозволяє зберігати комфортні умови.

Обґрунтування вибору:

- Ефективність: водяна система є економічною та добре працює в умовах великих приміщень з низьким тепловим навантаженням.
- Гнучкість: використання індивідуальних терморегуляторів дозволяє налаштовувати температуру в окремих зонах будівлі.
- Безпека: центральний котел дає змогу контролювати подачу тепла в цілому, а система трубопроводів та радіаторів вимагає мінімум технічного обслуговування.

Типи опалювальних приладів

1. Радіатори:

- Розподіляють тепло рівномірно по всьому приміщенню, що є важливим для класів та інших навчальних приміщень.
- Кращими є алюмінієві або сталеві радіатори, оскільки вони мають високу теплопередачу і швидко реагують на зміни температури.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Конвектори:

- Можуть бути використані для зон з високими вимогами до гігієни або в місцях, де радіатори займають багато простору.

- Вони швидше прогрівають приміщення завдяки конвекції, але мають меншу ефективність у порівнянні з радіаторами в великих приміщеннях.

### Обґрунтування вибору:

- Радіатори забезпечують рівномірний прогрів і високу ефективність. Вони підходять для класів, де потрібно підтримувати стабільну температуру впродовж навчального процесу.

- Конвектори можуть бути використані в окремих приміщеннях, таких як коридори або санвузли, де обмежений простір для установки радіаторів.

### Схема сумісництва з джерелом теплоти

#### 1. Газовий котел:

- Один з найбільш популярних варіантів для сільських та міських закладів, забезпечує ефективне та безпечне опалення, але потребує підключення до газової мережі.

- Сумісність: газові котли є оптимальним джерелом тепла для водяної системи, оскільки вони можуть підтримувати стабільний обіг води через систему трубопроводів.

#### 2. Твердопаливний котел:

- Ідеальний варіант для тих закладів, де немає підключення до газової мережі.

- Сумісність: система водяного опалення також добре працює з котлами на дровах чи пелетах, однак вони потребують регулярного завантаження палива та технічного обслуговування.

#### 3. Теплові насоси:

- Використовуються для забезпечення економічного опалення та вентиляції.

- Можуть бути інтегровані в систему водяного опалення для підвищення енергоефективності закладу.

									Арк.
									69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-НТ -11393633-МР				

#### Обґрунтування вибору:

- Газовий котел є найбільш економічним та ефективним варіантом для закладу освіти, оскільки газова інфраструктура є доступною для більшості об'єктів в Україні.

- Твердопаливний котел може бути вибраний для закладів в сільській місцевості, де відсутнє газопостачання, однак він потребує додаткового догляду за паливом.

- Теплові насоси можуть бути використані як доповнення для зниження витрат на опалення та покращення енергоефективності.

3.7.3 Розташування опалювальних приладів, стояків, магістралей та запірно-регулювальної арматури.

Проектування системи опалення в навчальному закладі повинно відповідати чинним будівельним нормам України (ДБН В.2.5-67:2013, «Опалення, вентиляція та кондиціонування»). Нижче наведені ключові принципи, пояснення й рекомендації для розташування елементів системи опалення, а також схема.

#### Обґрунтування і пояснення

##### 1. Розташування опалювальних приладів (радіаторів):

Біля зовнішніх стін: радіатори встановлюються під вікнами, щоб створити теплову завісу й зменшити втрати тепла через скління.

Безпечність: радіатори мають бути обладнані захисними екранами, щоб запобігти травмам дітей.

Висота монтажу: від підлоги до радіатора – 10-15 см, а до підвіконня – не менше 5 см.2.

##### Розташування стояків:

Відповідно до вимог рівномірного обігріву приміщень і мінімізації втрат тепла, стояки повинні проходити в місцях з максимально компактным маршрутом магістралей (наприклад, у кутах приміщень або нішах).

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. Розміщення магістральних трубопроводів:

Горизонтальні магістралі розташовуються по периметру приміщень уздовж стін на висоті 20-30 см від підлоги.

Теплова ізоляція: Для запобігання втратам тепла магістралі в неопалюваних зонах повинні бути термоізовані.

### 4. Запірно-регулювальна арматура:

Встановлюється на кожному стояку та перед кожним опалювальним приладом для можливості локального відключення та регулювання температури.

Арматура має бути доступною для обслуговування, але недоступною для дітей (захист або розташування в недосяжних місцях).

### 5. Загальна система:

У навчальних закладах переважно використовують двотрубну систему опалення, яка забезпечує рівномірний розподіл тепла.

Циркуляційний насос для примусової циркуляції теплоносія, що дозволяє ефективно підтримувати температуру навіть у віддалених приміщеннях.

### 6. Техніка безпеки:

Всі компоненти системи повинні відповідати санітарним нормам, зокрема температура поверхні радіаторів не має перевищувати 60°C.

#### Схема розташування

1. Теплогенераторна: знаходиться окремо, теплоносій подається до будівлі.

2. Основна магістраль: горизонтальний розподіл по коридорах (подання і зворотний трубопровід).

3. Стояки: вертикальні, розташовані у кутах приміщень.

4. Радіатори: під кожним вікном, у приміщеннях для дітей.

5. Запірно-регулювальна арматура: передбачена перед кожним радіатором і на стояках.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектуємо водяну, однотрубну з тупиковим рухом теплоносія, з верхнім розведенням, з насосною циркуляцією, осьовою перегородкою систему опалення. Приєднання до індивідуальної опалювальної теплогенераторної.

Тип опалювальних приладів чавунні радіатори типу МС-140-98, труби для транспортування та розподілення теплоносія між опалювальними приладами сталеві.

Опалювальні прилади розміщуємо під вікнами у житлових кімнатах, та на першому поверсі для сходової клітки, якщо під'їзд поділяється на відсіки то встановлюємо і у відсіках.

Стояки розміщуємо відкрито на відстані 3,5 см від стіни, та 150-200 мм від вікна, в кутових кімнатах бажано розміщувати в кутках, для їх прогріву.

Підводка до опалювального приладу має не перевищувати 1,5м (бажано 0,4-0,5м).

Магістральні трубопроводи проектуємо в підвальному та горищному перекритті, якщо ширина будинку більше дев'яти метрів то прокладаємо магістральний трубопровід в дві нитки вздовж фасадних стін.

На горищі магістральні лінії прокладаємо паралельно зовнішнім стінам, на відстані 1м від стіни з похилом не менше 0,002 від повітрозбірників. Стояки приєднуються до магістральних ліній під прямим кутом, за винятком кутових вони приєднуються під кутом 135°.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Висновок до розділу 3

У даному розділі проаналізовано теплову схему роботи теплогенераторної, проведено розрахунок теплової схеми теплогенераторної для забезпечення ефективного теплопостачання об'єкта та обґрунтовано вибір нового обладнання.

У дослідній частині магістерського проекту проведено розрахунки теплової схеми теплогенераторної для першого режиму (максимально зимовий). На основі розрахунків теплової схеми обґрунтовано необхідність заміни старого котла на сучасний конденсаційний котел.

Проаналізовано вибір нового обладнання для теплогенераторної, спираючись на основні критерії, а саме — надійність та забезпечення безперебійного теплопостачання, забезпечення економічно вигідних та продуктивних умов експлуатації котла, більш ефективне використання вторинних енергоресурсів та економія матеріалів. Заміна традиційного котла на конденсаційний є вкрай ефективним рішенням, оскільки можна досягти максимального коефіцієнта корисної дії (ККД). Вибір конденсаційного котла обґрунтовано його здатністю до більш ефективного використання тепла, що виводиться з продуктів згоряння.

Таким чином, дослідження підтвердило, що оптимізація теплової схеми та впровадження нового обладнання дозволить підвищити ефективність роботи теплогенераторної, зменшити енергетичні витрати на опалення будівлі, знизити рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу, забезпечити стабільне теплопостачання об'єкта з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності.

#### 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.

##### 4.1 Економічні розрахунки для реконструкції теплогенераторної.

Економічні розрахунки є важливим етапом дипломного проекту, оскільки вони дозволяють оцінити доцільність впровадження нових технічних рішень та обґрунтувати їх економічну ефективність. У даному випадку реконструкція передбачає заміну двох застарілих газових котла Маяк АОГВ-100Е на сучасні газові конденсаційні котли Вахі POWER HT 1.1000 у теплогенераторній навчального закладу.

Вихідні дані для розрахунків

Початковий стан:

Тип котла: Маяк АОГВ-100Е

ККД котла: 89%

Теплова потужність: 100 кВт

Споживання газу: 11,5 м<sup>3</sup>/год

Термін роботи: 174 дні на рік (цілодобово)

Після реконструкції:

Тип котла: Вахі POWER HT 1.1000

ККД котла: 97-107% (завдяки конденсаційній технології)

Теплова потужність: 1000 кВт

Споживання газу на 1 кВт: менше на 10-15% у порівнянні зі звичайними котлами.

Ціна природного газу: 16 грн за 1 м<sup>3</sup> (середній тариф для бюджетних установ на 2024 рік).

Режим роботи:

Щоденна робота: 24 години.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість опалювального сезону: 174 дні.

Розрахунок витрат на газ до реконструкції

Річне споживання газу старим котлом:

$$Q_{\text{газ, рік}} = G \times T \times 24 \times 2$$

де:

G – витрата газу за годину (11,5 м<sup>3</sup>/год),

T – кількість днів опалювального сезону (174 дні),

24 – кількість годин роботи за добу,

2 – кількість котлів.

$$Q_{\text{газ, рік}} = 11,5 \text{ м}^3/\text{год} \times 174 \text{ дні} \times 24 \text{ год} \times 2$$

$$Q_{\text{газ, рік}} = 96\,048 \text{ м}^3/\text{рік}$$



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-НТ -11393633-МР

Арк.

75

Вартість газу на рік:

$$C_{\text{газ, рік}} = Q_{\text{газ, рік}} \times P_{\text{газ}}$$

де:

$P_{\text{газ}}$  – ціна газу за 1 м<sup>3</sup> (16 грн/м<sup>3</sup>).

$$C_{\text{газ, рік}} = 96\,048 \text{ м}^3 \times 16 \text{ грн/м}^3$$

$$C_{\text{газ, рік}} = 1\,536\,768 \text{ грн/рік}$$

Розрахунок витрат на газ після реконструкції

Конденсаційний котел Вахі POWER HT 1.1000 має ККД до 99%, що дозволяє зменшити витрати газу приблизно на 15% у порівнянні з традиційним котлом.

Економія газу:

$$\Delta Q_{\text{газ}} = Q_{\text{газ, рік}} \times 0,15$$

$$\Delta Q_{\text{газ}} = 96\,048 \text{ м}^3 \times 0,15$$

$$\Delta Q_{\text{газ}} = 14\,407 \text{ м}^3$$

Новий річний обсяг споживання газу:

$$Q_{\text{газ, новий}} = Q_{\text{газ, рік}} - \Delta Q_{\text{газ}}$$

$$Q_{\text{газ, новий}} = 96\,048 - 14\,407$$

$$Q_{\text{газ, новий}} = 81\,641 \text{ м}^3/\text{рік}$$

Нова вартість газу на рік:

$$C_{\text{газ, новий}} = Q_{\text{газ, новий}} \times P_{\text{газ}}$$

$$C_{\text{газ, новий}} = 81\,641 \text{ м}^3 \times 16 \text{ грн/м}^3$$

$$C_{\text{газ, новий}} = 1\,306\,252 \text{ грн/рік}$$

Економія коштів після реконструкції

Річна економія:

$$\Delta C = C_{\text{газ, рік}} - C_{\text{газ, новий}}$$

$$\Delta C = 1\,536\,768 - 1\,306\,252$$

$$\Delta C = 230\,516 \text{ грн/рік}$$

					601-НТ-11393633-МР	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

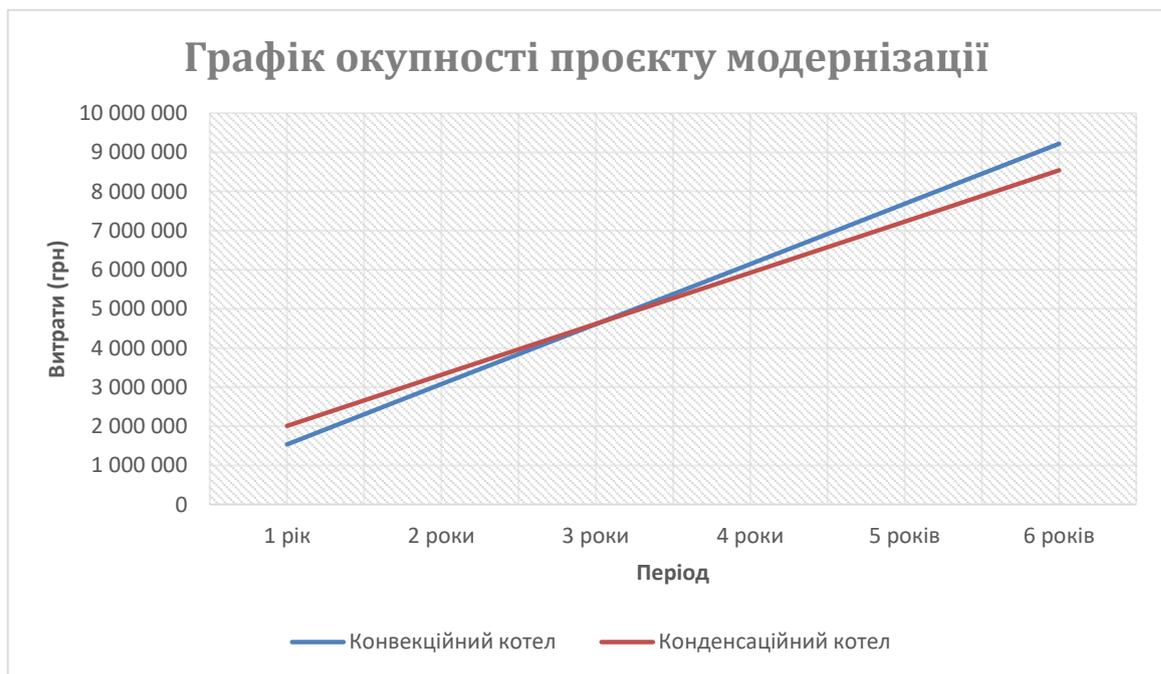
Період окупності проєкту.

Вартість двох нових газових конденсаційних котла Вахі POWER HT 1.1000 разом із монтажними роботами та супутнім обладнанням становить орієнтовно 700 тис. грн.

Фінансові витрати по роках на паливо та модернізацію наведено в таб. 4.1

Таблиця 4.1

Період	Витрати (у грн)	
	Конвекційний котел	Конденсаційний котел (газ + модернізація)
1 рік	1 536 768	2006252
2 роки	3073536	3312504
3 роки	4610304	4618756
4 роки	6147072	5925008
5 років	7683840	7231260
6 років	9220608	8537512



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

601-HT -11393633-MP

Арк.

77

## Висновок

Реконструкція теплогенераторної з переходом на конденсаційні котли Вахі POWER HT 1.1000 забезпечить:

Зменшення річного споживання газу на 14 407 м<sup>3</sup> (15%).

Річну економію коштів у розмірі 230 516 грн.

Окупність проекту протягом 3 років.

Впровадження нового обладнання є економічно доцільним і дозволить значно підвищити енергоефективність системи теплопостачання навчального закладу.

					601-HT -11393633-MP	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, які спрямовані на створення безпечних умов для роботи працівників, мінімізацію ризиків і збереження здоров'я на робочому місці. Основні завдання охорони праці можна описати наступним чином:

### 1. Розвиток системи управління охороною праці:

- Розробка й впровадження ефективної системи управління, яка гарантує безпеку на всіх етапах роботи.
- Надання фахової підтримки роботодавця та створення алгоритмів дій для забезпечення умов праці.

### 2. Забезпечення покращення охорони праці у всіх структурних підрозділах і серед усіх працівників.

Реалізація профілактичних заходів:

- Розробка та впровадження програм, які спрямовані на зниження ймовірності нещасних випадків і професійних захворювань.
- Постійний моніторинг за шкідливими й небезпечними факторами, а також контроль за їхнім впливом на робочому місці.

### 3. Запобігання та мінімізація потенційних ризиків для здоров'я працівників теплогенераторної.

Запровадження новітніх технологій та безпечних практик:

- Розповсюдження інноваційних наукових і технічних досягнень у сфері опалення.
- Забезпечення робітників новітнім та безпечним технічним обладнанням.

Стимулювання використання засобів індивідуального та колективного захисту для забезпечення безпеки на робочому місці.

						Арк.
					601-НТ -11393633-МР	79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4. Контроль за дотриманням законодавства:

- Систематичний моніторинг за виконанням законодавчих та нормативно-правових актів з охорони праці всіма робітниками.
- Проведення перевірок і аудитів для підтвердження відповідності всіх робочих процесів відповідно до вимог законодавства.

#### 5. Проведення інформаційних заходів:

- Організація навчання, тренінгів та інструктажів з охорони праці для всіх робітників теплогенераторної.
- Забезпечення працівників необхідною інформацією щодо правил охорони праці.
- Створення ефективних засобів для обміну інформацією та комунікації з питань охорони праці.

Здійснення цих заходів дає змогу організації не лише гарантувати безпеку і здоров'я працівників, але й удосконалювати систему охорони праці відповідно до сучасних стандартів і технологій. Проектом реконструкції енергетичного об'єкта у навчальному закладі передбачається заміна двох одноконтурних газових котлів. Два котли Маяк АОГВ-100Е демонтуються та виконується заміна на газовий конденсаційний котел Вахі POWER HT 1.1000, який відповідає вимогам нормативно-правових актів з охорони праці, пожежної безпеки та не спричиняє негативного впливу навколишньому середовищу.

#### 5.1 Вентиляція

Система вентиляції забезпечує асиміляцію теплових надходжень та постачання достатньої кількості повітря для процесу горіння. У теплогенераторній передбачена загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція, що функціонує за рахунок природного спонукання.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вентиляція у теплогенераторній є невід'ємною складовою системи безпечної та ефективної експлуатації обладнання. Вона забезпечує необхідний повітрообмін для підтримання стабільної роботи теплогенераторів, видалення продуктів згоряння, а також створює безпечні умови для обслуговуючого персоналу. Система вентиляції має відповідати чинним будівельним нормам, зокрема **ДБН В.2.5-20:2018 "Газопостачання"** та іншим стандартам, що регламентують роботу газового обладнання.

Основні завдання вентиляції:

1. Постачання свіжого повітря для процесу горіння палива у теплогенераторах.
2. Видалення відпрацьованих газів та надлишків тепла, які утворюються під час роботи обладнання.
3. Запобігання загазованості приміщення, що особливо важливо для теплогенераторних, які працюють на природному газі.
4. Підтримання безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу шляхом забезпечення оптимального мікроклімату.

Технічне обслуговування та контроль за вентиляцією:

1. Регулярне очищення вентиляційних каналів: З часом вентиляційні канали можуть забиватися пилом, кіптявою або іншими забрудненнями, що значно знижує ефективність вентиляції. Тому важливо проводити регулярне очищення та технічне обслуговування вентиляційних систем для забезпечення їх належної роботи.
2. Контроль рівня забруднення повітря: Важливим елементом контролю є моніторинг рівня забруднення повітря у приміщеннях котельної. Використовуються спеціальні датчики, які вимірюють концентрацію шкідливих газів і автоматично включають додаткові вентилятори чи подають сигнал про необхідність вентиляції.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Автоматизація вентиляційних систем: Для забезпечення максимальної ефективності роботи вентиляції застосовуються автоматизовані системи управління, що дозволяють адаптувати інтенсивність вентиляції відповідно до зміни умов в котельній. Наприклад, при підвищенні температури або концентрації газів, система може автоматично збільшувати витрату повітря або включати додаткові витяжки.

Таким чином, правильна організація вентиляції в теплогенераторній є важливою умовою для забезпечення не тільки безпеки працівників, але й для підтримки ефективності та стабільності роботи котельного обладнання.

## 5.2 Димова труба

Димова труба котельні — це вертикальна конструкція, яка призначена для виведення газоподібних продуктів згоряння палива в атмосферу.

Проектом реконструкції заміна нової димової труби не передбачається. Котельня досліджуваного навчального закладу має природну тягу. Відповідно до санітарних норм висота труби визначається в залежності від складу палива, вмісту сірки та зольності палива.

Висота вже встановленої димової труби відповідає розрахункам розсіювання шкідливих речовин у довкілля. Конструкція даної димової труби є самонесучою. Всередині вона виготовлена з нержавіючої сталі, а ззовні вона покрита сталевим листом, який захищений спеціальною фарбою для металів, що забезпечує стійкість до кислот, лугів і впливу атмосферних умов. Між двома сталевими листами знаходиться шар теплоізоляції для підвищення ефективності.

Основними параметрами димової труби є висота та діаметр димоходу. Правильний підбір висоти та діаметру димової труби визначає ефективність тяги та розсіювання викидів. Враховуючи, що існуюча димова труба вже має

						Арк.
					601-НТ -11393633-МР	82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідну висоту та діаметр, її заміна не передбачається, оскільки ці параметри вже забезпечують належний рівень функціональності та відповідають встановленим вимогам.

### 5.3 Заходи з техніки безпеки в теплогенераторній

Технічні рішення, які прийняті у магістерській роботі, враховують вимоги ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні”, ДБН В.2.5-67:2013 “Опалення, вентиляція та кондиціонування”, ДБН В.2.5-20-2001 “Газопостачання”, ДБН В. 1.1-7-2016 “Пожежна безпека об’єктів будівництва”.

Керівництво теплогенераторної організовує обслуговування котлів, що забезпечує їхній справний стан та безпечні умови експлуатації. За безпеку та технічну справність котлів відповідає фахівець, який має відповідну теплотехнічну освіту, що гарантує належний контроль і обслуговування обладнання відповідно до стандартів.

У теплогенераторній забороняється перебування осіб, які не мають відношення до експлуатації котлів і обладнання. Сторонні можуть знаходитися в приміщенні лише за попереднім дозволом власника, однак їхнє перебування обов'язково має контролювати уповноважений представник.

У теплогенераторній встановлюється годинник, що дозволяє контролювати час, а також телефон для забезпечення зв'язку з місцем споживання теплоенергії, власником і технічними службами для оперативного реагування та координації дій.

Конструкція двох газових конденсаційних котлів Вахі POWER HT 1.1000 забезпечує високу надійність, зручність у ремонті, безпечну експлуатацію та довговічність. Теплогенераторна обладнана запобіжними клапанами, термометрами та манометрами для забезпечення безпечної роботи котлів на всіх етапах експлуатації.

									Арк.
									83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	601-HT -11393633-MP				

Огляд котельні проводиться щодня вранці для виконання наступних завдань:

- Перевірка загального стану обладнання.
- Запис показників витрат у журнал.
- виконання профілактичного ремонту, продувки котлів та підтяжки сальників (за необхідністю).
- Виявлення потреби в проведенні ремонтних робіт або запуску резервного обладнання.
- Повідомлення керівництва про виявлені несправності в роботі теплогенераторної.

Вимоги безпеки перед пуском котлів

Перед початком розпалювання котла необхідно ретельно перевірити його готовність та допоміжного обладнання. Під час перевірки варто звернути увагу на наступне:

Справність топки, газоходів та регулюючих пристроїв.

Всі крани на газопроводах мають бути закриті, а на продувальних — відкриті.

Оцінити справність контрольно-вимірювальних приладів, арматури, живильних пристроїв і вентиляторів.

Наявність природної тяги.

Правильне заповнення котла водою до мінімального рівня.

Перевірити обладнання для спалювання рідкого та газоподібного палива.

Перевірка на пропускання води через лючки, арматуру та фланці.

Відсутність заглушок на газопроводах, на живильній, спускній та продувальній лініях.

					601-НТ -11393633-МР	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка на витік газу, газових систем і арматури (за допомогою метода омилювання).

Відсутність сторонніх предметів або людей у топці та газоходах.

Якщо котел порожній, то його потрібно поступово заповнювати водою. Для цього спершу відкривають повітряні клапани та закривають продувальну і спускную арматуру. Якщо температура обмурівки нижче за 0°C, то варто використовувати підігріту воду.

Перед розпалюванням котла важливо провести вентиляцію топки та газопроводів до 15 хвилин, відкривши відповідні дверцята і шибери для подачі повітря.

Не менш важливим питанням є забезпечення першої медичної допомоги. У разі виникнення травм або отруєнь необхідно мати добре обладнані місця для надання першої допомоги, включаючи аптечки, а також доступ до обладнання для виклику швидкої допомоги. Усі працівники повинні пройти навчання щодо надання першої допомоги при нещасних випадках.

Виконання всіх заходів з техніки безпеки в теплогенераторній є основою для забезпечення безпечної роботи персоналу та ефективної експлуатації котельного обладнання.

#### 5.4 Пожежна безпека.

Пожежна безпека об'єкта гарантує виключення ймовірності виникнення або розвитку пожежі, зменшуючи вплив її небезпечних факторів на людей та майно. Це включає комплекс заходів для запобігання пожежам та збереження матеріальних цінностей у разі їх виникнення.

Приміщення згідно з НАПБ Б07.005-86 відноситься до категорії Д. Приміщення не класифікується як вибухонебезпечне, оскільки в ньому не застосовуються легкозаймисті речовини і не створюються умови для утворення вибухонебезпечних сумішей.

Відповідно до Закону України "Про пожежну безпеку" власники котельні або уповноважені особи зобов'язані дотримуватися вимог НАПБ В.01.34-2005 «Правила пожежної безпеки для підприємств енергетичної галузі України» та ДСН В.2.5-56-2014 «Автоматичні системи захисту та пожежогасіння».

Теплогенераторна, котли та все обладнання повинні підтримуватися у справному стані та чистоті. Заборонено захаращувати приміщення або зберігати в ньому сторонні предмети. Проходи та виходи повинні залишатися вільними, а двері — легко відчинятися.

### 5.5 Екологічна безпека

Реконструкція енергетичного об'єкта у навчальному закладі Зінківської ОТГ, згідно з магістерським проектом, передбачає покращення екологічної ситуації та зниження негативного впливу на навколишнє середовище. Завдяки модернізації енергетичного об'єкта мінімізуються викиди шкідливих речовин і димових газів у атмосферу. Це дозволяє знизити вплив забруднюючих факторів на здоров'я людей, які мешкають поруч, а також на природні екосистеми.

Окрім цього, значно скорочується кількість парникових газів, що є ключовим кроком у боротьбі зі змінами клімату та підтримці чистоти навколишнього середовища.

Одним із важливих аспектів екологічної безпеки є навчання та інформування працівників щодо правильних екологічних практик. Це включає знання норм і правил поведінки з відходами, дотримання технологічних процесів, що зменшують екологічний вплив, а також забезпечення правильного обслуговування та ремонту котельного обладнання для запобігання аварійним ситуаціям, які можуть призвести до забруднення навколишнього середовища.

Таким чином, реконструкція теплогенераторної дозволяє досягти балансу між енергетичними потребами закладу та екологічною відповідальністю, мінімізуючи шкідливий вплив на здоров'я людей і місцеві екосистеми, які перебувають у зоні впливу теплогенераторної.

## Висновки до розділу 5

У цьому розділі висвітлено ключові аспекти забезпечення охорони праці в теплогенераторній. Забезпечення належних умов праці є важливим елементом для підтримки безпечної та ефективної роботи енергетичного об'єкта.

Особливу увагу слід приділяти організації правильної вентиляції, що дозволяє підтримувати безпечний рівень газів у повітрі і забезпечувати нормальні умови для роботи персоналу.

Також важливим аспектом є облаштування димових труб, які повинні відповідати вимогам безпеки та ефективно відводити димові гази з приміщення, знижуючи ризики отруєнь та забруднення навколишнього середовища. Пожежна безпека в котельні має першочергове значення, оскільки робота з високими температурами і горючими матеріалами може призвести до небезпечних ситуацій, тому необхідно вжити відповідних заходів, таких як встановлення систем автоматичного пожежогасіння та своєчасна перевірка обладнання.

Не менш важливою є екологічна безпека, яка включає зменшення викидів шкідливих газів і пилу в атмосферу, а також застосування технологій, що сприяють збереженню навколишнього середовища.

Для запобігання аваріям і нещасним випадкам в роботі теплогенераторної необхідно також дотримуватись заходів з техніки безпеки, таких як правильне обслуговування обладнання, навчання персоналу та використання засобів індивідуального захисту.

У результаті вжитих заходів можна забезпечити безпечні умови праці та зменшити ризики виникнення аварій, що в свою чергу дозволить ефективно експлуатувати теплогенераторну установку, зберігаючи здоров'я працівників і сприяючи екологічній безпеці.

## ВИСНОВОК

Реконструкція енергетичних об'єктів є ключовою умовою для забезпечення ефективного використання ресурсів, зменшення експлуатаційних витрат та підвищення надійності систем енергопостачання.

На початковому етапі дослідження проведено ґрунтовний аналіз стану теплогенераторної системи, який показав потребу в її модернізації. Було встановлено, що застаріле обладнання не відповідає сучасним вимогам енергоефективності й екологічної безпеки. Зокрема, система характеризується низьким коефіцієнтом корисної дії, значними енергетичними втратами через неефективне використання пального та теплоутрати через димохід. Додатковими факторами зниження ефективності є недостатня теплоізоляція трубопроводів і котлів, а також відсутність автоматизації процесів. Це підкреслило необхідність реконструкції для досягнення вищих технічних і економічних показників.

У другій частині дослідження проаналізовано конструкцію та принцип роботи конденсаційних котлів, які є важливим елементом модернізованих систем. Завдяки принципу конденсації водяної пари з димових газів ці котли забезпечують ефективніше використання пального, дозволяючи отримувати додаткове тепло для підігріву теплоносія. Такий підхід дозволяє досягти коефіцієнта корисної дії понад 100%, що сприяє суттєвому зменшенню витрат на паливо й зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу. Їх ефективність особливо висока за низькотемпературного режиму теплоносія, що робить ці котли оптимальним вибором для об'єктів, як-от навчальні заклади.

Аналіз джерел енергетичних втрат виявив основні проблеми: неефективне використання тепла через димохід, слабка теплоізоляція трубопроводів і котлів, а також втрати прихованого тепла в димових газах. Додаткові фактори включають зношеність обладнання та брак автоматизації. Для вирішення цих

проблем запропоновано низку заходів: утеплення трубопроводів, використання сучасних ізоляційних матеріалів, модернізацію газопаливних систем і впровадження технологій, які дозволяють утилізувати тепло конденсації.

Економічна оцінка реконструкції показала, що інвестиції швидко виправдовують себе за рахунок зменшення витрат на енергоресурси. Використання конденсаційних котлів, покращення теплоізоляції та автоматизація управління системою дозволяють досягти значних економічних переваг. Додатково реконструкція сприяє зменшенню екологічного впливу, знижуючи викиди вуглекислого газу, оксидів азоту та сірки, що покращує екологічну безпеку об'єкта.

Таким чином, модернізація теплогенераторних систем є необхідним кроком для підвищення енергоефективності, скорочення витрат і забезпечення сталого розвитку енергетики. Використання сучасних технологій, таких як конденсаційні котли, підтверджує свою ефективність як з технічного, так і економічного погляду.



9. НПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання. – Чинний від 2015.07.07. Київ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2015. – 67 с.

10. ДБН В.2.5-56-2014. Системи протипожежного захисту. – Чинний від 2015-07-01. Київ: Український союз пожежної та техногенної безпеки, 2014. – 134 с.

11. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. – Чинний від 2018.05.25. Київ: Міністерство соціальної політики України, 2018. – 44 с

12. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні.- Чинний від 2015-01-01. Київ: Мінрегіон України,2014.-54с

13. Теплові навантаження. Теплові схеми котелень. Метод. вказівки до викон. розрахункової роботи з дисципліни «Джерела теплопостачання та споживачі теплоти» для студ. напряму підготовки 6.05060101 «Теплоенергетика» освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» / Уклад.: М.Ф. Боженко, Ю.В. Шовкалюк. – Київ : НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2013. - 52 с

14. Степанов Д. В., Корженко Є. С., Боднар Л. А. Котельні установки промислових підприємств: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 120с

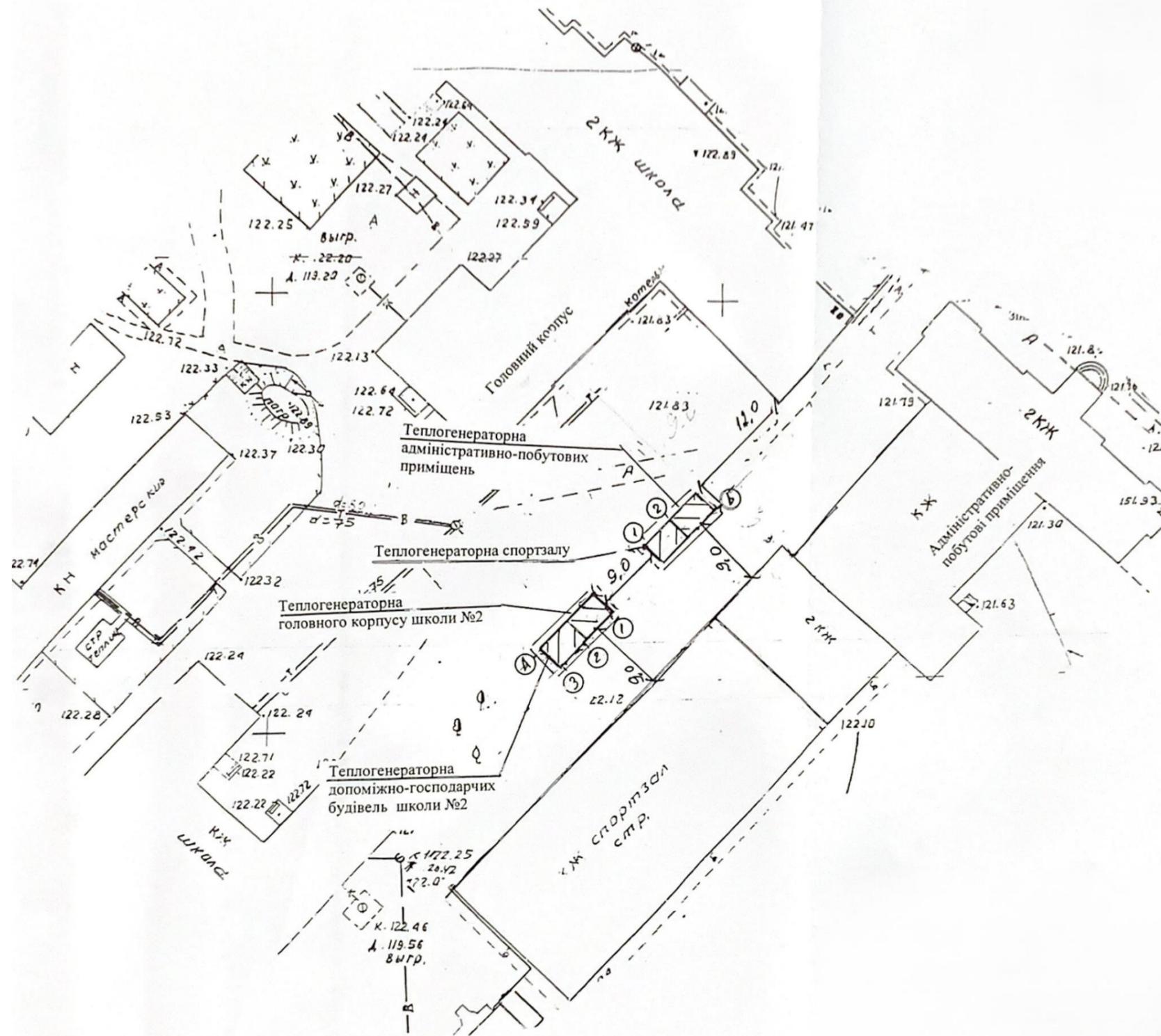
15. Козак Л. Котельні установки: навчальний посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2001. – 274 с

16. Конденсаційні котли: принцип роботи, переваги, особливості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wiki.energytorrent.org/doku.php/uk:heliocollector.html>

17. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти : колективна монографія / Кол. авторів; за заг. ред. П.М. Макаренка, О.В. Калініченка, В.І. Аранчій. – Полтава: ПП “Астроя”, 2019. – 603 с.

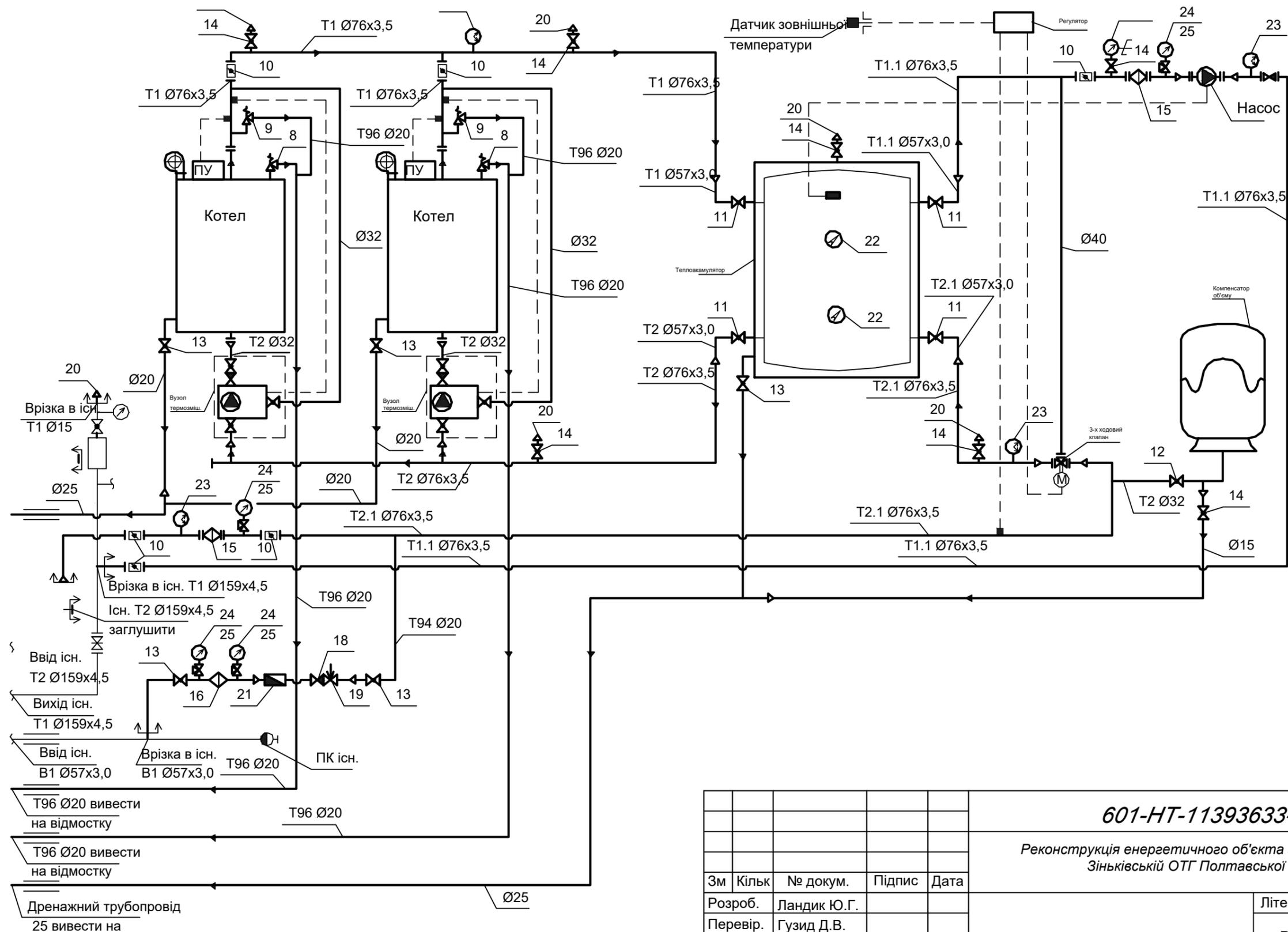






				<b>601-НТ -11393633-МР</b>		
				Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зіньківській ОТГ Полтавської області		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Арк.	Аркушіє
Виконав	Пандик Ю.Г.			Р	2	8
Перевір.	Гузик Д.В.					
Н. контр.	Гузик Д.В.			Генеральний план		НУ «ПП ім Ю.Кондратюка»
Затверд.	Голік Ю.С.					

# Теплова схема теплогенераторної



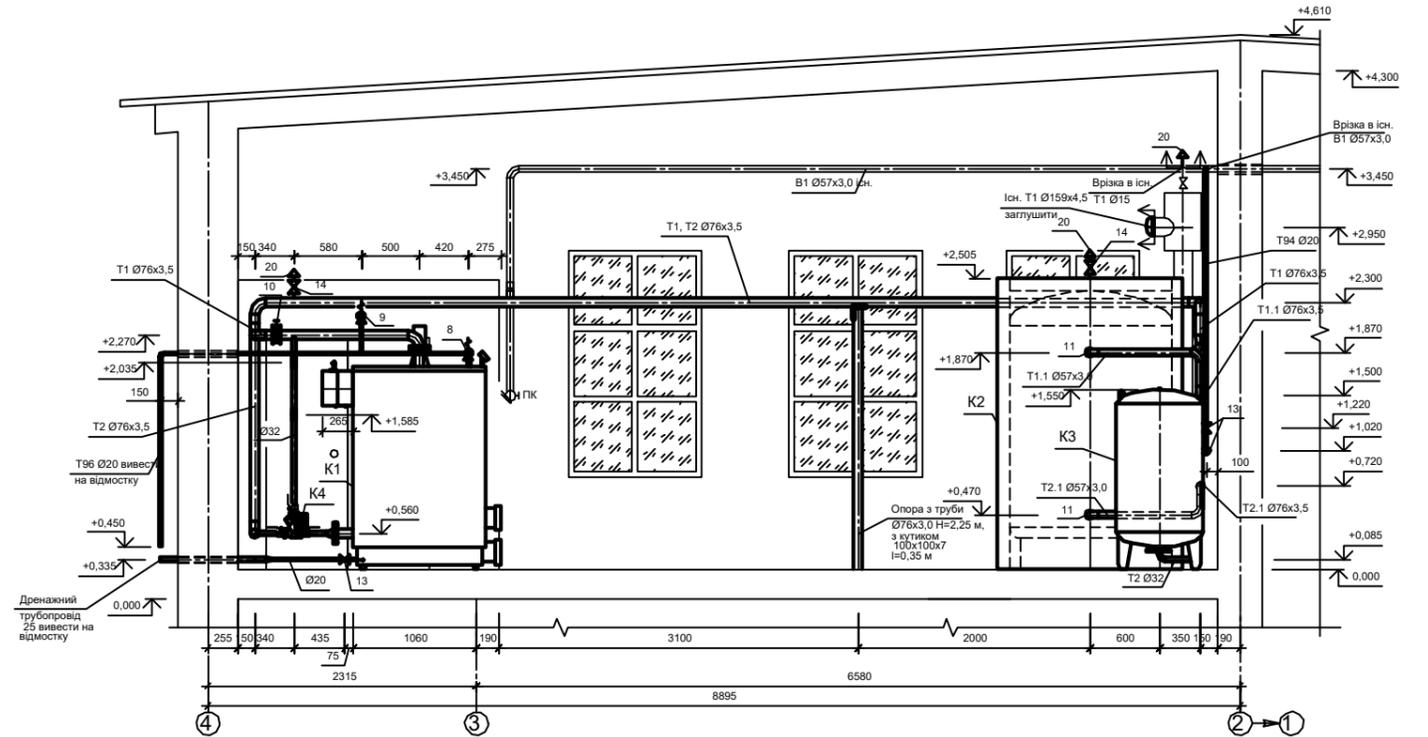
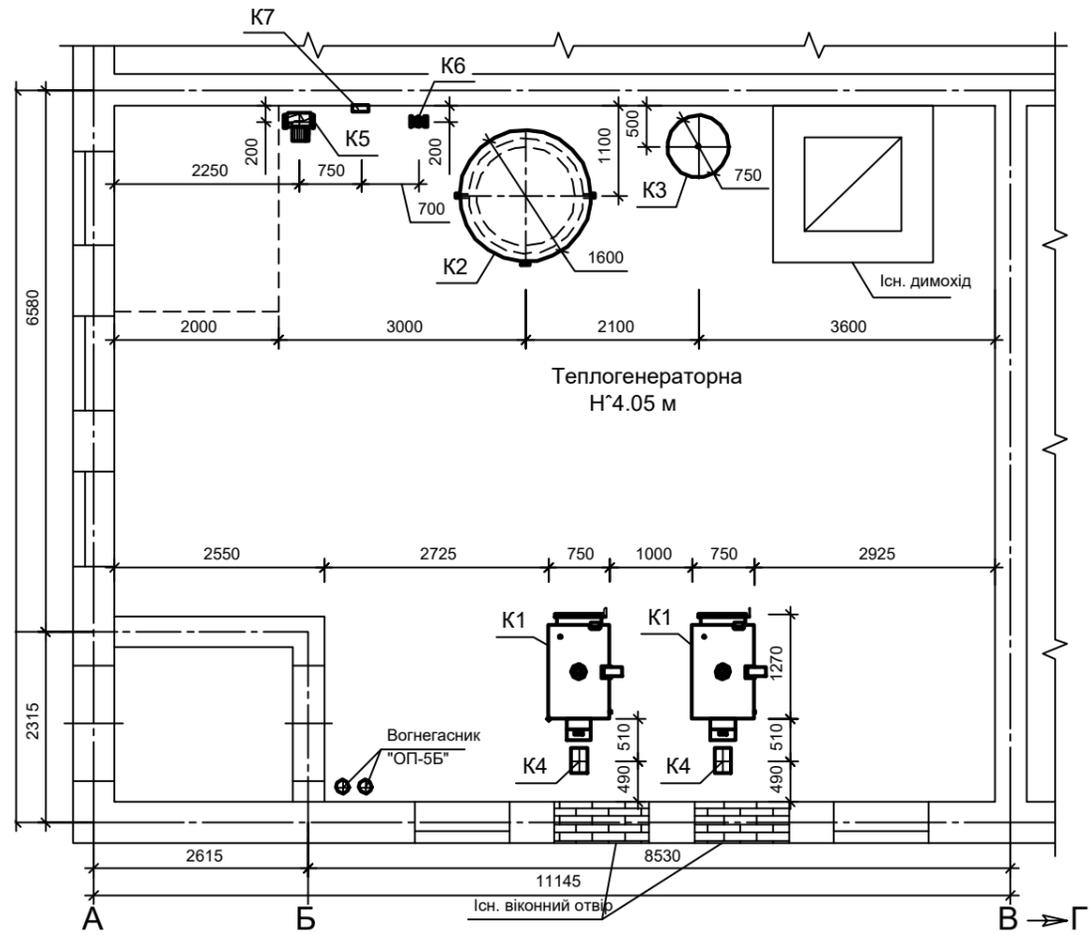
Т96 Ø20 вивести на відмостку

Т96 Ø20 вивести на відмостку

Дренажний трубопровід 25 вивести на

					<b>601-НТ-11393633-МР</b>		
					Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зінківській ОТГ Полтавської області		
Зм	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Ландик Ю.Г.			Р	3	8
Перевір.		Гузид Д.В.					
Т.контр.							
Н.контр.		Гузик Д.В.			Теплова схема теплогенераторної		НУ "ПП ім Ю.Кондратюка"
Затверд.		Голік Ю.С.					

ПЛАН РОЗМІЩЕННЯ ОБЛАДНАННЯ

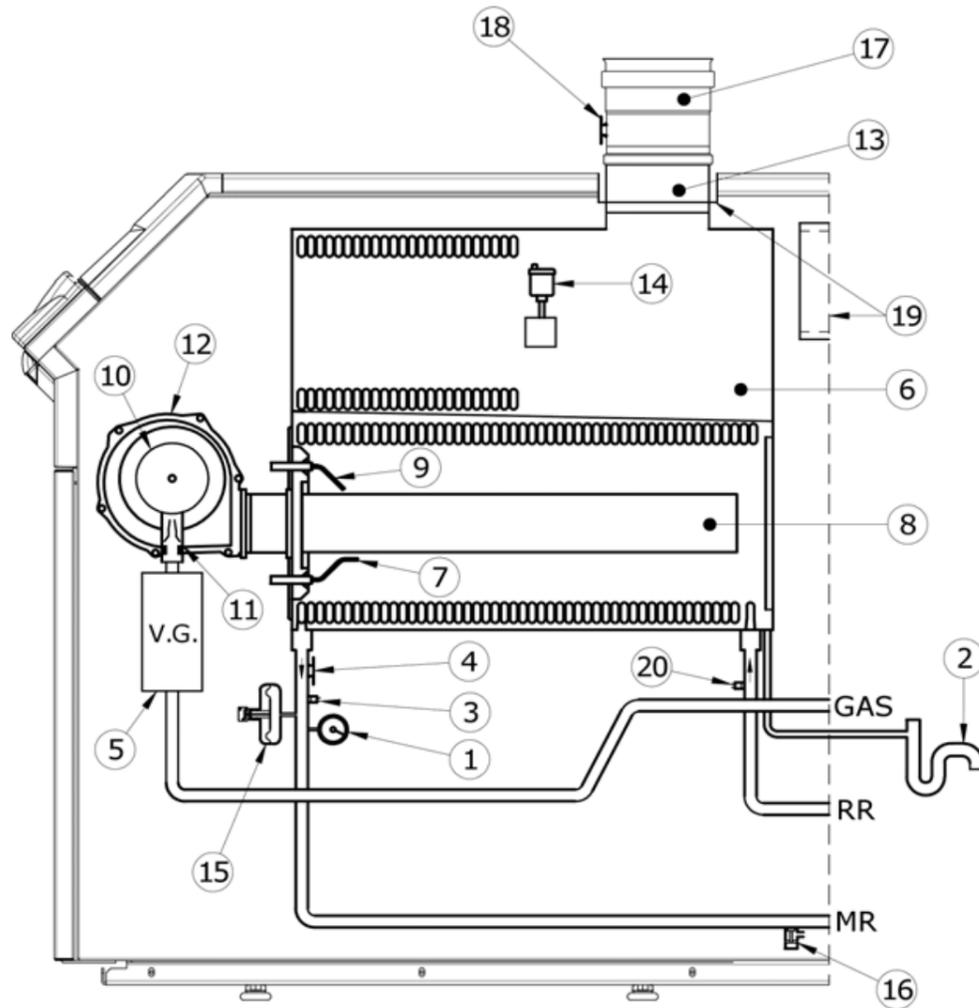


Експлікація обладнання

Марка, поз.	Позначення	Найменування	Кільк.
1	2	3	4
K1	UNIK New BAXI POWER HT1.1000	Газовий котел Q <sub>у</sub> =100 кВт, P <sub>max</sub> =2 бар, T=90-70 °C, ККД-97 %, N=0,175 кВт	2
K2	TAO.3000	Теплоакумулятор V=2890 л, KRONAS P <sub>max</sub> =3 бар, T=до 90 °C,	1
K3	DAN-WATES	Компенсатор об'єму V=500 л	1
K4	Laddomat 72°C	Вузол термозмішувальний Q=2,52 м /год, H=5,0 м. в. ст., N=0,13 кВт, 3*400 V	1
K5	TOP-S 50/15 DM WILO	Насос системи опалення Q=8,4 м 3/год, H=13,0 м. в. ст., N=1,15 кВт, 3*400 V	2
K6	HFE 3	Клапан регулюючий 3-х ходовий Dn40	1
	Danfoss	з електроприводом AMB 162, N=2,5 Вт	
K7	ECL Comfort 210	Електронний регулятор	1

<b>601-НТ-11393633-МР</b>				
Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зінківській ОТГ Полтавської області				
Зм	Кільк	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Ландик Ю.Г.		
Перевір.		Гузид Д.В.		
Т.контр.				
Н.контр.		Гузик Д.В.		
Затверд.		Голік Ю.С.		
План розміщення обладнання				Літера
				Аркуш
				Аркушів
				Р
				4
				8
				НУ "ПП ім Ю.Кондратюка"

# КОТЕЛ BAXI POWER HT 1.100

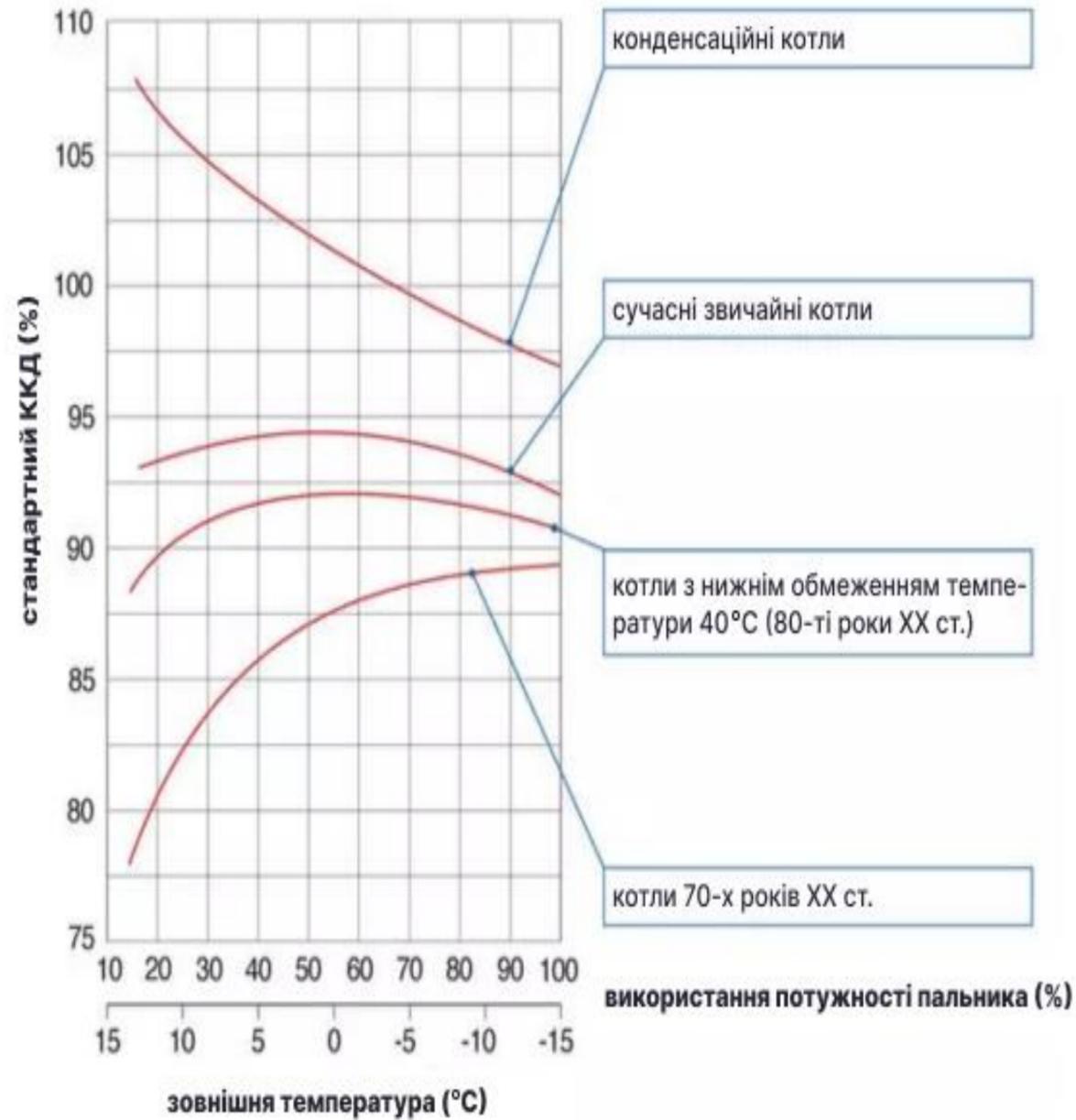


- 1 – манометр;
- 2 - сифон;
- 3 - датчик температури;
- 4- термостат захисту від перегріву (105 C);
- 5 - газовий клапан;
- 6 - теплообмінник;
- 7 - електрод контролю полум'я;
- 8 - горілка;
- 9 - електрод запалювання;
- 10 - змішувач з пристроєм Вентурі;

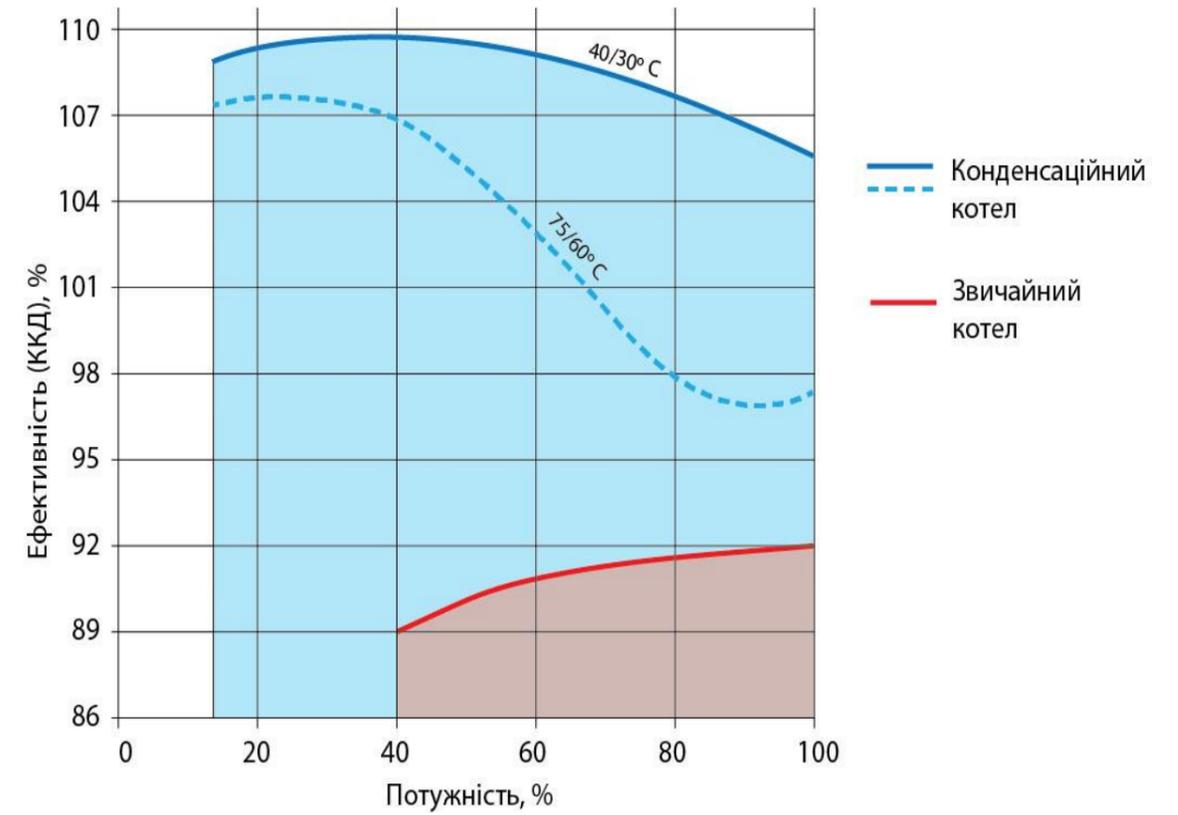
- 11 - газова діафрагма;
- 12 - вентилятор;
- 13 - перехідник димовідвідного пристрою;
- 14 - автоматичний повітровідвідний пристрій;
- 15 - пресостат мінімального тиску води;
- 16 - спускний клапан котла;
- 17 - димовідвідний пристрій з термостатом-датчиком тяги;
- 18 - термостат-датчик тяги;
- 19 - місце кріплення впускного патрубку;
- 20 - датчик температури (NTC) на трубі повернення.

<b>601-HT -11393633-MP</b>					
<i>Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зіньківській ОТГ Полтавської області</i>					
<i>Зм. Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літера</i>	<i>Арк.</i>
<i>Виконав</i>	<i>Пандик Ю.Г.</i>			<i>Р</i>	<i>5</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Гузик Д.В.</i>			<i>8</i>	
<i>Н. контр.</i>	<i>Гузик Д.В.</i>			<i>КОТЕЛ BAXI POWER HT 1.100</i>	
<i>Затверд.</i>	<i>Голік Ю.С.</i>			<i>НУ «ПП ім Ю.Кондратюка»</i>	

Відмінність ККД конвекційного та конденсаційного котлів

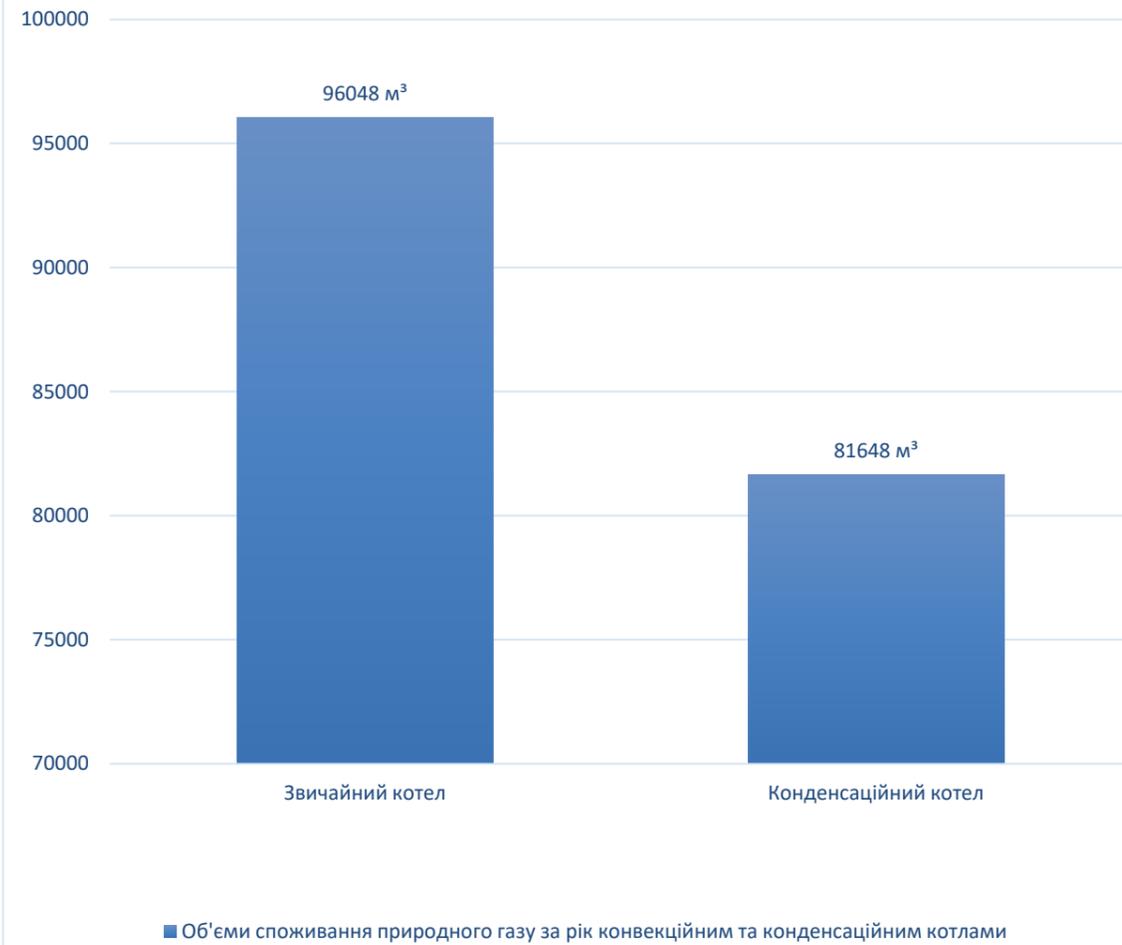


Графік залежності ефективності (ККД) від потужності для звичайного та конденсаційного котлів

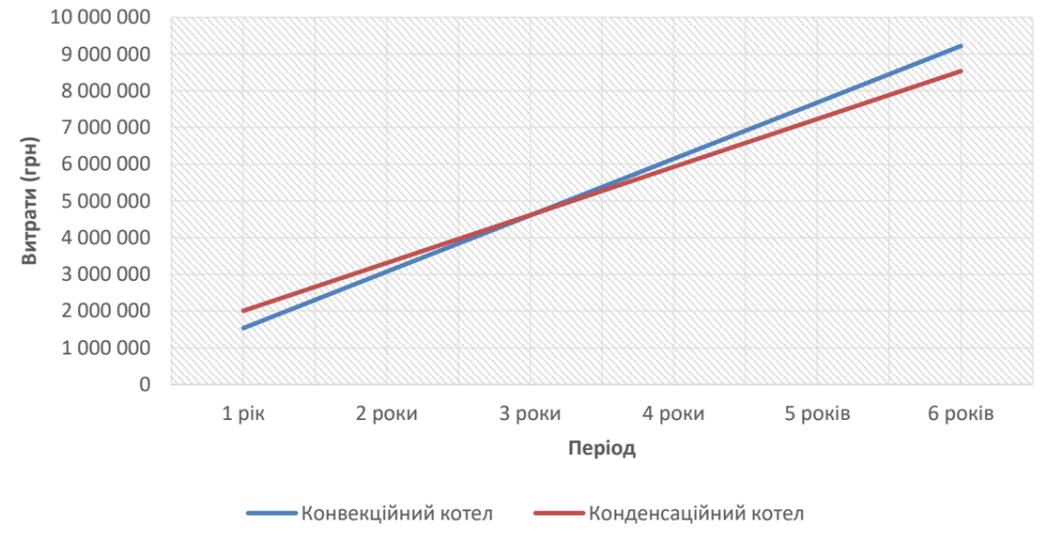


						<b>601-НТ -11393633-МР</b>		
						Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зіньківській ОТГ Полтавської області		
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			Літера	Арк.	Аркуші
Виконав	Ландик Ю.Г.					Р	6	8
Перевір.	Гузик Д.В.							
Н. контр.	Гузик Д.В.			Графіки ККД конденсаційних та звичайних газових котлів		НУ «ПП ім Ю.Кондратюка»		
Затверд.	Голік Ю.С.							

**Об'єми (м³) споживання природного газу за рік конвекційним та конденсаційним котлами**



**Графік окупності проекту модернізації**



Період	Витрати (у грн)	
	Конвекційний котел	Конденсаційний котел (газ + модернізація)
1 рік	1 536 768	2 006 252
2 роки	3 073 536	3 312 504
3 роки	4 610 304	4 618 756
4 роки	6 147 072	5 925 008
5 років	7 683 840	7 231 260
6 років	9 220 608	8 537 512

				<b>601-НТ -11393633-МР</b>					
				<i>Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зіньківській ОТГ Полтавської області</i>					
<i>Зм. Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літера</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушіє</i>			
<i>Виконав</i>	<i>Ландик Ю.Г.</i>						<i>Р</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Гузик Д.В.</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Гузик Д.В.</i>			<i>Графіки економічної ефективності</i>		<i>НУ «ПП ім Ю.Кондратюка»</i>			
<i>Затверд.</i>	<i>Голік Ю.С.</i>								

## Висновки

Реконструкція енергетичних об'єктів є важливою для ефективного використання ресурсів, зменшення витрат і підвищення надійності систем енергопостачання.

На початку дослідження було проаналізовано стан теплогенераторної системи, що виявило її застарілість і потребу в модернізації. Система мала низький коефіцієнт корисної дії, енергетичні втрати через неефективне використання пального, втрати тепла через димохід, слабку теплоізоляцію та відсутність автоматизації. Реконструкція визнана необхідною для поліпшення технічних і економічних показників.

Досліджено конструкцію та принцип роботи конденсаційних котлів, які підвищують ефективність використання пального за рахунок утилізації тепла водяної пари з димових газів. Це дозволяє досягати коефіцієнта корисної дії понад 100%, знижувати витрати на паливо та скорочувати шкідливі викиди. Конденсаційні котли особливо ефективні при низьких температурах теплоносія, що робить їх ідеальними для об'єктів, як-от навчальні заклади.

Виявлено основні джерела втрат тепла: через димохід, недостатню ізоляцію та зношеність обладнання. Запропоновано утеплення трубопроводів, модернізацію газопаливних систем, використання ізоляційних матеріалів і впровадження технологій для утилізації тепла конденсації.

Економічна оцінка реконструкції підтвердила її доцільність: інвестиції швидко окупаються завдяки зниженню витрат на енергоресурси та обслуговування. Модернізація знижує витрати на паливо, покращує автоматизацію, підвищує ефективність роботи й довговічність системи.

Реконструкція має також екологічні переваги: зниження споживання палива зменшує викиди вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, що сприяє екологічній безпеці. Таким чином, впровадження сучасних технологій, таких як конденсаційні котли, є ключовим кроком до підвищення енергоефективності, економічності та екологічності енергетичних об'єктів.

						601-НТ -11393633-МР			
						Реконструкція енергетичного об'єкта закладу освіти у Зіньківській ОТГ Полтавської області			
							Літера	Арк.	Аркуші
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			Р	8	8	
Виконав	Черненко М.О.								
Перевір.	Гузик Д.В.								
Н. контр.	Гузик Д.В.					Висновки			
Затверд.	Голік Ю.С.					НУ «ПП ім Ю.Кондратюка»			