

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 котельні і системи централізованого
теплопостачання м.Гадяч»

Виконав: студент гр. дб НТ
спеціальності 144 Теплоенергетика

" 20 " 01 2025 р. Блоха О.М.
#20000008

Керівник

" 25 " 01 2025 р. Колієнко А.Г.

Допустити до захисту:

завідувач кафедри "Теплогазопостачання,
вентиляції та теплоенергетики"

" 22 " 01 2025 р.

к.т.н., проф. Голік Ю.С.

2025 р.

Полтава - 2025 р.

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

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

Кафедра, циклова комісія кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова циклової комісії Голік Ю.С.

Голік Ю.С.
"21" 01 2025 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Блоха Олександр Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи): Реконструкція котельні і систем централізованого теплопостачання м.Гадяч

керівник проекту (роботи) Колієнко Анатолій Григорович, к.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу 818-ф.а. від "09" серпня 2024 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20 січня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Генеральний план населеного пункту, щільність населення, кліматичні дані, характеристики абонентів – споживачів теплоти, план котельні.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Розрахунок теплового навантаження на потреби опалення і гарячого водопостачання, трасування теплових мереж, Визначення розрахункових витрат теплоносія, Побудова графіків споживання теплоти, Аналіз змін клімату, визначення оптимальної величини питомих втрат тиску, Визначення втрат теплоти з теплових мереж. Розроблення тепломеханічної схеми котельні, Підбір теплотехнічного і тягодуттєвого обладнання, Підбір паливника котла

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Генплан

3. Графіки витрат теплоти і температурні графіки відпуску теплоти. 4. Визначення оптимальної величини опору 5. Креслення пальника 6. План котельні. 7. Розрізи котельні 8. Аксонометрична схема газопостачання. 9. Аксонометрична схема повітропроводів і газоходів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 05.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Визначення розрахункового навантаження	10.24	
2	Трасування теплових мереж і гідравлічний розрахунок мереж	10.24	
3	Графіки витрат теплоти, аналіз річних витрат теплоти	11.24	
4	Розроблення проекту реконструкції котельні	12.24	
5	Підбір обладнання котельні	01.24	

Студент Фролаєв
(підпис)

Блоха О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Колісничко
(підпис)

Колісничко А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Реконструкція котельні і системи централізованого теплопостачання м.Гадяч» на здобуття рівня вищої освіти магістр зі спеціальністю 144 «Теплоенергетика» Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» складається з - 136 сторінок, 21 таблиці, 18 рисунків, 14 аркушів графічної частини формату А3, список використаних джерел містить 39 найменування, з них 7 - нормативно-правові документи.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідження роботи котельного обладнання та системи централізованого теплопостачання.

Об'єктом дослідження є квартальна котельня по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч.

Метою написання роботи є реконструкція котельні та системи централізованого теплопостачання з метою підвищення ефективності їх використання та зменшення споживання природного газу та електроенергії, а також зниження втрат теплової енергії в процесі її виробництва та транспортування.

Використані методики теплових, аеродинамічних та гідравлічних розрахунків теплотехнологічного обладнання. Були приведені розрахунки теплових навантажень на опалення, гаряче водопостачання; гідравлічні розрахунки теплових мереж; газоходів та повітропроводів. Було вибрано допоміжне обладнання, а саме мережний насос, димососи та вентилятори.

Проведено розрахунки та підібрано оптимальні рішення, щодо підвищення ефективності роботи теплогенеруючого обладнання, встановленого на котельні.

Актуальність теми полягає у дослідженні проектних рішень спрямованих на покращення показників роботи котельного обладнання та системи теплопостачання, що супроводжується скороченням витрат паливно-енергетичних ресурсів, і як наслідок, призводить до зниження собівартості послуг теплопостачання та покращення фінансового становища підприємств теплоенергетики, які на сьогоднішній день, знаходяться у дуже складному становищі.

Використання на практиці, досліджених у ході написання магістерської роботи заходів, дозволить підвищити економічну та енергетичну ефективність роботи котельного обладнання і експлуатації теплових мереж.

Ключові слова: котельня, теплові мережі, тепла енергія, енергоефективність.

ABSTRACT

Qualification work on the topic “Reconstruction of Boiler House and District Heating System of Gadyach” for Master's degree in Heat Power Engineering, specialty 144, National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic” consists of 136 pages, 21 tables, 18 figures, 14 graphic sheets of A3 format, the list of references contains 39 titles, 7 of them are regulatory documents.

The qualification work is devoted to the study of the operation of boiler equipment and district heating systems.

The object of research is a block boiler house at 19a Poltavaska Street in the city of Hadiach.

The purpose of the paper is to reconstruct the boiler house and district heating system in order to increase the efficiency of their use and reduce the consumption of natural gas and electricity, as well as reduce heat losses during its production and transportation.

Methods of thermal, aerodynamic and hydraulic calculations of heat-technology equipment were used. Calculations of thermal loads for heating, hot water supply; hydraulic calculations of heating networks; gas flues and air ducts were presented. Auxiliary equipment was selected, namely a network pump, smoke exhausters and fans.

Calculations were made and optimal solutions were selected to improve the efficiency of the heat-generating equipment installed at the boiler house.

The relevance of the topic lies in the study of design solutions aimed at improving the performance of boiler equipment and heat supply systems, which is accompanied by a reduction in the consumption of fuel and energy resources, and as a result, leads to a reduction in the cost of heat supply services and an improvement in the financial situation of heat and power enterprises, which are currently in a very difficult situation.

The practical application of the measures investigated in the course of writing the master's thesis will increase the economic and energy efficiency of boiler equipment and the operation of heating networks.

Keywords: boiler house, heating networks, thermal energy, energy efficiency.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	4
1	ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ.....	6
1.1	Загальна характеристика котельні по вул. Полтавська, 19 а в м.Гадячі.....	6
1.2	Основні кліматологічні дані об'єкта дослідження.....	10
1.3	Аналіз метеохарактеристик міста Гадяч та тривалості опалювальних періодів.....	11
2	РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ.....	19
2.1	Розрахунок теплового навантаження на опалення та постачання гарячої води.....	19
2.2	Побудова температурного графіку теплоносія від котельні.....	26
2.3	Побудова графіка витрат теплоти в залежності від температури зовнішнього повітря	30
2.4	Побудова графіку витрат теплоти в залежності від тривалості стояння різних температур зовнішнього повітря.....	32
2.5	Річні витрати теплоти.....	40
3	ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ МЕРЕЖАМИ	42
3.1	Схеми теплопостачання та трасування теплових мереж.....	42
3.2	Розрахунок витрат теплоносія на потреби опалення та постачання гарячої води.....	44
3.3	Гідравлічний розрахунок системи теплопостачання.....	49
3.4	Побудова п'єзометричного графіку.....	70
3.5	Підбір мережних насосів.....	74
3.6	Економічна ефективність запропонованих заходів	79

					дбНТ.11393819.МР				
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Блоха О.М.</i>				Реконструкція котельні і системи централізованого теплопостачання м.Гадяч		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Колієнко А.Г.</i>						2	135	
<i>Зав. кафедри</i>	<i>Голік Ю.С.</i>				<i>Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», кафедра ТГВ та Т</i>				

4	РЕКОНСТРУКЦІЯ КОТЕЛЬНІ ПО ВУЛИЦІ ПОЛТАВСЬКА, А у М.ГАДЯЧ	95
4.1	Опис принципової теплової схеми котельні.....	95
4.2	Аналіз ефективності роботи котельні.....	97
4.3	Розрахунок газових пальників котла ТВГ-8М.....	103
4.4	Розрахунок продуктів згорання природного газу.....	114
4.5	Розрахунок газоходів (повітроводів), підбір вентиляторів та димососів.....	116
4.6	Розрахунок коефіцієнта корисної дії котлоагрегатів котельні.....	122
	ВИСНОВКИ.....	127
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	132

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП.

На сьогоднішній день значну частину теплопостачальних потужностей України складає застаріле, технічно зношене обладнання та устаткування. Це спричиняє загострення комплексу проблем у житлово-комунальному господарстві, які негативно впливають на рівень енергетичної та екологічної безпеки країни, якість життя населення, підвищують соціальну напруженість та призводять до збитковості підприємств теплоенергетики. Питання модернізації теплоенергетичної промисловості належить до провідних напрямків державної енергетичної політики України [24].

Модернізація систем централізованого теплопостачання має здійснюватися відповідно до перспективних планів розвитку теплопостачальних підприємств та спрямовуватися на підвищення енергетичної ефективності використання наявного обладнання та теплових мереж, зниження паливно-енергетичних ресурсів в процесі виробництва, транспортування та постачання теплової енергії та витрат вцілому. [25]. Зниження витрат на виробництво, у свою чергу, призводить до підвищення рівня прибутковості підприємств житлово-комунального господарства, а також поліпшення якості та кількості наданих послуг.

Основною метою енергозбереження в теплопостачанні є підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів за рахунок модернізації котельного обладнання. Зростання цін на енергоносії зробило актуальним завдання зі зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів у системах теплопостачання. Відмінною рисою підприємств комунальної енергетики є їх висока енергоємність і низька енергоефективність. Низька енергоефективність є однією з головних причин високих витрат у системах теплопостачання і величезних фінансових зобов'язань держави в комунальному господарстві. Низька енергетична ефективність збільшує витрати, зростання витрат спричиняє зростання соціальної напруженості [27].

Технічна й технологічна відсталість галузі, слабе освоєння високоефективних і ресурсозберігаючих технологій впливають на собівартість і якість реалізації теплових послуг. Прискорене зростання цін на енергоресурси, а

					<i>дБНТ.11393819.МР</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також щораз більші розміри дотацій витрат населення за користування теплом визначають завдання енергозбереження як головний напрям у здійсненні економічної політики підприємства.

Основні напрями енергозберігаючих технологій це: економія палива та електроенергії при виробництві теплової енергії; економія теплової енергії в процесі виробництва, транспортування та постачання; економія води; облік води, газу, тепла й електрики; енергоаудит, поновлювані джерела теплової та електричної енергії [27].

Розв'язання існуючих проблем підприємств тепlopостачання потребує комплексного підходу на державному рівні до впровадження енергозберігаючих технологій і засобів виробництва, постачання та споживання усіх видів енергоносіїв і енергії, що забезпечить скорочення витрат первинних енергоносіїв та зменшення собівартості виробленої теплової енергії.

					<i>д6НТ.11393819.МР</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОГОДНО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ

1.1. Загальна характеристика котельні по вул. Полтавська, 19 а в м.Гадяч.

Комунальне підприємство теплового господарства «Гадячтеплоенерго» є єдиним підприємством у місті Гадяч, яке створене з метою здійснення виробничої діяльності по забезпеченню тепловою енергією на опалення та підігрів води житлового фонду, комунально-побутових та інших об'єктів.

Виробництво, транспортування та постачання теплової енергії є складним технологічним процесом по забезпеченню функціонування та експлуатації котельних, теплових пунктів та теплових мереж, які знаходяться на балансі підприємства, проведенню поточних та капітальних ремонтів обладнання теплового господарства, розробленню пропозицій та планів розвитку теплоенергетичного господарства міста, який тісно пов'язаний з державним наглядом за режимами споживання теплової енергії, енергозбереженням, безпечною експлуатацією теплоенергетичного обладнання та безпечним виконанням робіт на об'єктах тепlopостачання.

Підприємство постачає теплову енергію та надає послуги з постачання теплової енергії та постачання гарячої води споживачам міста Гадяч. Загальна кількість споживачів складає 4046 абонентів. Близько 80% загального обсягу споживання теплової енергії припадає на побутових споживачів -населення.

Для задоволення потреб в тепловій енергії експлуатується 5 котелень, встановленою потужністю 38,28 Гкал/год та 3 теплових пункти.

Найбільшим джерелом генерації теплової енергії у місті Гадяч є квартальна котельня по вул. Полтавська, 19 (надалі – котельня).

Котельня на вул. Полтавська, 19 а знаходиться в центральній частині міста у кварталі, обмеженому вулицями Полтавська, Гетьманська, Гадяцького Договору та Шевченка, введена в експлуатацію 1978 року і забезпечує опаленням та гарячим водopостачанням споживачів центральної частини міста.

Котельня по вул. Полтавська, 19 а постачає теплову енергію для опалення 36 житлових будинків, Гадяцької гімназії імені Олени Пчілки, трьох закладів

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дошкільної освіти, Центру первинної медичної допомоги, Гадяцького фахового коледжу культури і мистецтв, ім. І.П.Котляревського, об'єктів соціального захисту населення, бюджетних установ та інших організацій.

Опалювальна площа складає 100 732,93 м², в тому числі: житловий фонд – 73904,14 м², бюджетні установи/організації 17007,13 м², інші споживачі – 9821,66 м².

Встановлена потужність котельні становить – 16,0 Гкал/год.

Загальна довжина теплових мереж від котельні по вул. Полтавська, 19 а в двотрубному обчисленні складає 5,556 км. Через тривалий термін експлуатації трубопроводи опалення фізично зношені та потребують заміни.

Основним обладнанням існуючої котельні є два водогрійні котли ТВГ-8М, які були встановлені 1979 року номінальною теплопродуктивністю по 8,0 Гкал/год кожний, що працюють на закриту систему тепlopостачання. Існуючі водогрійні котли обладнані газовими пальниками для роботи на середньому тиску газу, автоматикою безпеки горіння та регулювання.

Котли працюють на природному газі. У 2021 році, в рамках виконання інвестиційної програми, було проведено реконструкцію водогрійного котла ТВГ-8М №2, шляхом встановлення модернізованої конвективної частини та комплексу подових пальників, що дозволило покращити показники роботи котла та котельні в цілому. Робота іншого котла залишається незадовільною.

Існуюча система хімічної водопідготовки здійснюється по схемі двоступеневого Na-катіонування.

Будівля котельні забезпечена всіма інженерними мережами, у тому числі: водопроводом, каналізацією, електропостачанням, газопостачанням.

Котельня підключена до міського водопроводу діаметром Ду50 мм, на ввіді водопроводу встановлено вузол обліку спожитої води.

Живлення електроенергією котельні здійснюється від ЗТП-82, встановленої на території котельні.

Джерелом газопостачання котельні є існуючий внутрішній газопровід середнього тиску діаметром $DN = 150$ мм. Котельня обладнана типовою

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

газорегуляторною установкою (ГРУ), де газ середнього тиску $P = 0,9 - 1,6$ бар ($0,09 - 0,16$ МПа) знижується до необхідного для нормальної роботи пальникових пристроїв середнього тиску $P = 0,2$ бар ($0,02$ МПа) і спрямовується до пальників котлів. Котельня обладнана приладом обліку природного газу КУРС 01 А1-Г400, та коректором обліку газу, показники, яких використовуються при проведенні розрахунків із постачальником природного газу.

Відвід димових газів відбувається через цегляну димову трубу висотою $h = 38$ м та діаметром устя $\varnothing = 2$ м.

Основні показники роботи котельні наведено у таблиці 1.

Таблиця. 1 ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОТЕЛЬНОЇ
по вулиці Полтавська, 19 а в м. Гадячі.
за 2021-2023 роки

№ п/п	Показники	Період			2022 рік до 2021 року	2023 рік до 2022 року
		2021	2022	2023		
1	Кількість виробленої теплової енергії, Гкал	14830,2	12188,7	12464,7	-2641,5	276,0
2	Кількість теплової енергії на власні потреби, Гкал	326,3	268,2	274,2	-58,1	6,0
3	Кількість відпущеної теплової енергії, Гкал	14503,9	11930,5	12190,5	-2573,4	260,0
4	Кількість реалізованої теплової енергії, Гкал	12006,2	10040,1	10399,7	-1966,1	359,6
	в т.ч.					
4.1	на опалення	11871,5	9959,3	10289,7	-1912,2	330,4
4.2	на постачання гарячої води	134,7	80,8	110,0	-53,9	29,2
5	Фактичні втрати теплової енергії у теплових мережах, Гкал	2497,7	1880,3	1790,8	-617,4	-89,5

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

6	Фактичні втрати теплової енергії у теплових мережах, %	17,2	15,8	14,7	X	X
7	Нормативні витрати теплової енергії в мережах, %	11,8	11,8	11,8	x	x
8	Річні витрати палива на виробництво теплової енергії, тис.м3	1791,736	1411,121	1476,369	-380,615	65,248
9	Річні витрати палива на виробництво теплової енергії, тис.т.ум.п	2127,692	1697,836	1750,998	-429,856	53,162
10	Питомі витрати палива на відпуск теплової енергії, кг.ум.п/Гкал	146,698	142,43	143,636	-4,268	1,206
11	Кількість спожитої електроенергії, кВт-год	254,785	219,198	255,325	-35,587	36,127
12	Питомі витрати електроенергії на відпуск теплової енергії, кВт-год/Гкал	17,57	18,39	20,94	0,87	2,55
13	Витрати води на технологічні потреби, м3	2307	2050	841	-257	-1206
14	Середня температура зовнішнього повітря протягом опалювальних періодів, °С	0,7	1,4	1,3	0,7	-0,1
15	Кількість днів опалювального періоду, днів	192	182	157	-10	-25

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

З таблиці 1 видно, що обсяги виробництва теплової енергії протягом 2023 року знизилися, порівняно із 2021 та підвищилися у порівнянні із 2022 роком, що характеризується зміною температури навколишнього середовища та тривалістю опалювального періоду. Аналогічна ситуація і з витратами енергоресурсів, які використовувалися в процесі виробництва, транспортування та постачання теплової енергії. Важливою характеристикою роботи котельні є показник втрат теплової енергії у теплових мережах. На підприємстві він перевищує нормативні втрати, що негативно впливає на ефективність роботи котельні та відповідно якість послуг, що надаються споживачам та завищують собівартість виробництва, транспортування та постачання теплової енергії.

Враховуючи те, що основне і допоміжне обладнання котельні практично вичерпало всі допустимі терміни експлуатації (термін експлуатації перевищує 40 років), а також низьку надійність теплових мереж через відсутність їх резервування, вичерпаний природний ресурс та незадовільну теплоізоляцію, що обумовлює великі втрати тепла, суттєві економічні збитки внаслідок частих аварій та значних обсягів ремонтних робіт, виникає потреба у вжитті заходів, спрямованих на підвищення ефективності роботи котельного обладнання та експлуатації теплових мереж у місті Гадяч, що і стало предметом дослідження при написанні магістерського проекту.

1.2. Основні кліматологічні дані об'єкта дослідження.

Для умов міста Гадяч, згідно ДСТУ-Н Б В.1.1- 27:2010 "Будівельна кліматологія", при проведенні проектування були використані кліматичні дані, що визначені по місту Лубни, яке найбільш наближене до об'єкта дослідження [5]:

- нормативна розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення - $t_{z, розр.}^{норм.} -23^{\circ}\text{C}$;
- середня температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон - $0,7^{\circ}\text{C}$;
- тривалість опалювального періоду – $n_{оп} = 180$ діб;

Характеристики системи теплопостачання:

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплоносій – вода з розрахунковими параметрами:

- в подавальному трубопроводі теплової мережі - 95°C;
- в зворотному трубопроводі - 70 °С.

1.3. Аналіз метеохарактеристик міста Гадяч та тривалості опалювальних періодів.

Температурно-погодні умови відіграють важливу роль в оцінці ефективності роботи теплогенеруючого обладнання, його теплопродуктивності, надійності, використанні палива та визначенні ККД обладнання, а також при проведенні енергетичних обстежень і розробці енергозберігаючих рекомендацій та моніторингу ефективності споживання теплової енергії [20].

Для оцінки ефективності роботи системи тепlopостачання котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м. Гадячі та коректних розрахунків, щодо основних показників системи тепlopостачання, необхідно провести аналіз погодно-кліматичних умов та тривалості опалювального періоду за останні роки та порівняти їх з нормативними значеннями. Це дозволить більш точно оцінити ефективність експлуатації котельного обладнання та теплових мереж, а також впроваджені енергозберігаючі заходи. Адже прийняті будівельні норми містять стандартні погодні умови, які суттєво відрізняються від фактичних, і їх застосування не відповідає сучасним потребам. Так, при визначенні максимального теплового навантаження на опалення враховуються показники найбільш холодної п'ятиденки, яка по місту Гадяч, згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія", відповідає -23 ° С, та середня за опалювальний період, яка, відповідно до вказаного нормативного акту, складає -0,7° С [5], тоді як фактично вказані температури є значно вищими. Тому, під час аналізу експлуатації системи тепlopостачання потрібно враховувати не лише стандартні, але й фактичні зміни погодних умов, а також тривалість опалювального періоду.

Мною було проведено порівняльний аналіз даних, наданих Полтавським обласним центром з гідрометрології за останні опалювальні сезони 2021/22 років, 2022/23 років та 2023/24 років і фактичної тривалості опалювального сезону з

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

нормативними значеннями згідно ДСТУ-Н Б В.1.1- 27:2010 "Будівельна кліматологія", результати яких відображені у таблиці 2.

Середньомісячні температури визначалися виходячи із середньодобових температур відповідного місяця.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз середньомісячних температур зовнішнього повітря та тривалості опалювальних періодів 2021/22, 2022/23, 2023/24 років у м.Гадяч

	жовтень	листопад	грудень	січень	лютий	березень	квітень	Дані за сезон
фактичні дані за опалювальний сезон 2021/22 років								
температура зовнішнього повітря, °С	6,5	3,8	-2,0	-2,7	0,2	1	8,0	1,5
тривалість днів опалювального періоду, днів	13	30	31	31	28	31	25	189
фактичні дані за опалювальний сезон 2022/23 років								
температура зовнішнього повітря, °С	8,5	2,4	-0,8	-1,8	-2,0	3,0	9,1	0,69
тривалість днів опалювального періоду, днів	7	29	31	31	28	26	4	156
фактичні дані за опалювальний сезон 2023/24 років								
температура зовнішнього повітря, °С	8,7	3,3	-0,3	-4,2	1,5	3,8	-	1,42
тривалість днів опалювального періоду, днів	9	30	31	31	28	31	-	160
дані згідно ДСТУ «Будівельна кліматологія»								
температура зовнішнього повітря, °С	7,6	1,3	-3,3	-5,4	-4,6	0,3	8,9	-0,7
тривалість днів опалювального періоду, днів	18	30	31	31	28	31	11	180
відхилення фактичних даних за опалювальний період 2023/24 років та даних згідно ДСТУ «Будівельна кліматологія»								
температура зовнішнього повітря, °С	1,1	2,0	3,0	1,2	6,1	3,5		2,12

тривалість днів опалювального періоду, днів	-9	-	-	-	-	-	-11	-20
---	----	---	---	---	---	---	-----	-----

Відповідно до розпоряджень міського голови м.Гадяч:

- опалювальний сезон 2021/22 року розпочато - 19.10.2021 року, закінчено - 25.04.2022 року;
- опалювальний сезон 2022/23 року розпочато - 18.10.2022 року, закінчено - 14.04.2023 року. Із розрахунку виключено години, коли теплогенеруюче обладнання не працювало через блекауті або підвищену температуру, а саме: у жовтні 2022 року - 7 днів; листопаді 2022 року – 1 день; березні 2023 року - 5 днів; квітні 2024 року - 10 днів;
- опалювальний сезон 2023/24 року розпочато - 17.10.2024 року, закінчено - 01.04.2024 року. Із розрахунку виключено години, коли теплогенеруюче обладнання не працювало, у зв'язку з підвищеною температурою зовнішнього повітря а саме у жовтні 2023 року -6 днів.

У даній таблиці визначено відхилення фактичних даних за опалювальний період 2023/24 років та даних ДСТУ-Н Б В.1.1- 27:2010 "Будівельна кліматологія". В подальшому, в ході написання роботи, для порівняння нормативних значень, показників що характеризують погодно-кліматичні умови та тривалість опалювального періоду з фактичними показниками проводитимуться на прикладі фактичних даних опалювального періоду 2023/24 років, оскільки температура зовнішнього повітря протягом опалювального сезону 2022/23 років та його тривалість, через перерви в роботі теплогенеруючого обладнання (блекауті, інші обставини, які не залежать від підприємства), не коректно відображають результати діяльності котельні та безпосередній вплив температурно - кліматичних умов на процеси теплопостачання.

Аналізуючи дані таблиці, видно, що середньомісячна температура зовнішнього повітря має тенденцію до підвищення, і суттєво відрізняється від нормативних значень. Що в свою чергу впливає на прийняття на місцевому рівні

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

рішень про зміну тривалості опалювального періоду в сторону зменшення, як на його початку, так і в кінці.

Зміну температур зовнішнього повітря протягом опалювальних періодів у місті Гадяч відобразимо на рис. 1.

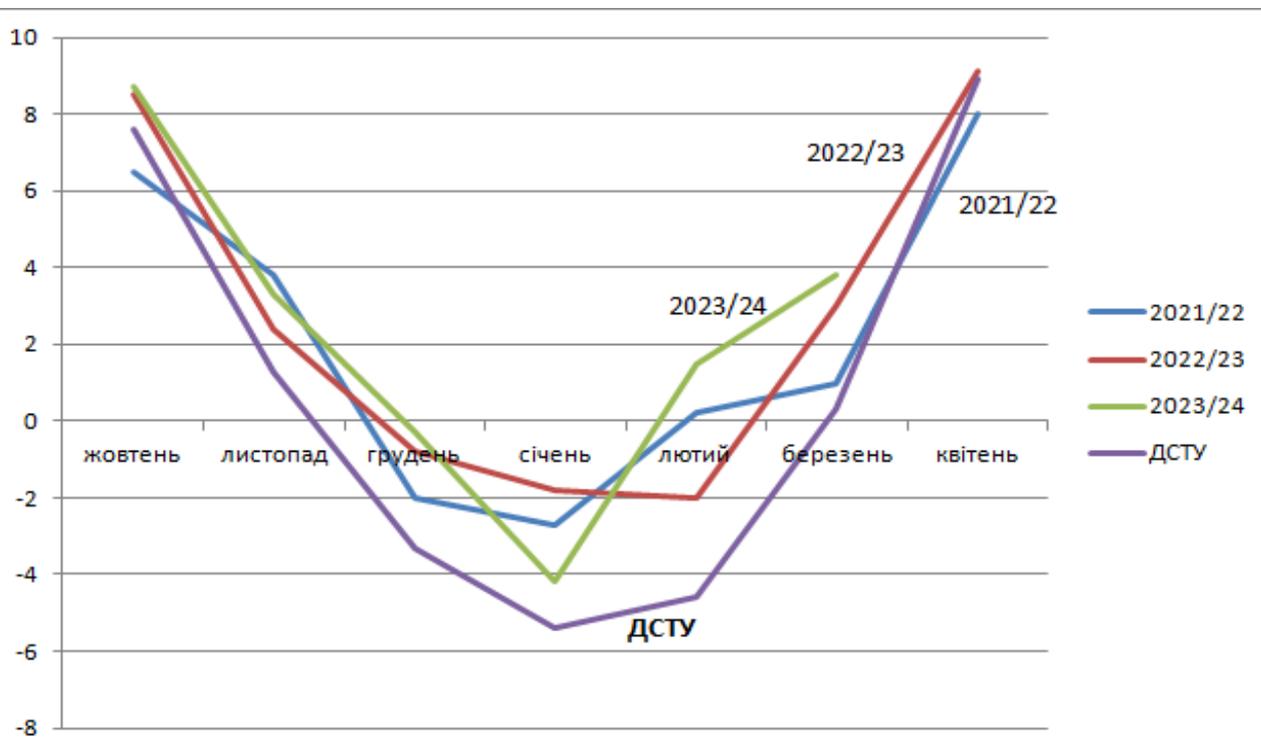


Рис.1. Зміна температур зовнішнього повітря протягом опалювальних періодів 2021/22, 2022/23, 2023/2024 років у м. Гадяч.

Далі переходимо до порівняльного аналізу періоду стояння фактичних температур зовнішнього повітря за опалювальні періоди 2021/22, 2022/23, 2023/24 та нормативних температур, відображених у довіднику Манюка В.І.[8], які враховуються для міста Полтава, що є найбільш наближеним до котельні по вулиця Полтавська, 19 а у м. Гадяч. Період стояння температур зовнішнього повітря, у довіднику Манюка В.І. наведено з градацією у 5 градусів, тому фактичні дані температури зовнішнього повітря провою до такого ж розподілу та порівняю результати за допомогою таблиці 3.

Таблиця 3. Тривалість стояння фактичних температур зовнішнього повітря за опалювальний період 2021/22, 2022/23, 2023/24 років та нормативних, згідно довідника Манюка В.І.

	температура										
		-34,9 - - 30,0	-29,9 - - 25,0	-24,9 - - 20,0	-19,9 - - 15,0	-14,9 - - 10,0	-9,9 - - 5,0	-4,9 - 0	0,1- +5,0	+5,1 - +8,0	ВСЬОГО
опалювальний сезон 2021/22	n			-	-	120	384	1344	1416	648	3912
опалювальний сезон 2022/23				-	-	72	312	1248	1416	432	3480
опалювальний сезон 2023/24				-	-	72	216	1224	1416	528	3456
згідно довідника Манюка В.І.		5	8	45	161	391	723	1224	1128	803	4488

Тривалість годин температур вище +8°C (без виключених днів)

- протягом опалювального періоду 2021/22 років - 624 год;
- протягом опалювального періоду 2022/23 років - 264 год;
- протягом опалювального періоду 2023/24 років - 384 год

В графічному вигляді аналіз періоду стояння температур фактичних середньодобових температур за останні три опалювальні сезони та нормативних даних згідно довідника Манюка В.І. представлено на рис. 2. Спостерігається тенденція до збільшення кількості годин стояння температур +8°C та відповідно зменшення тривалості опалювального періоду у м. Гадяч.

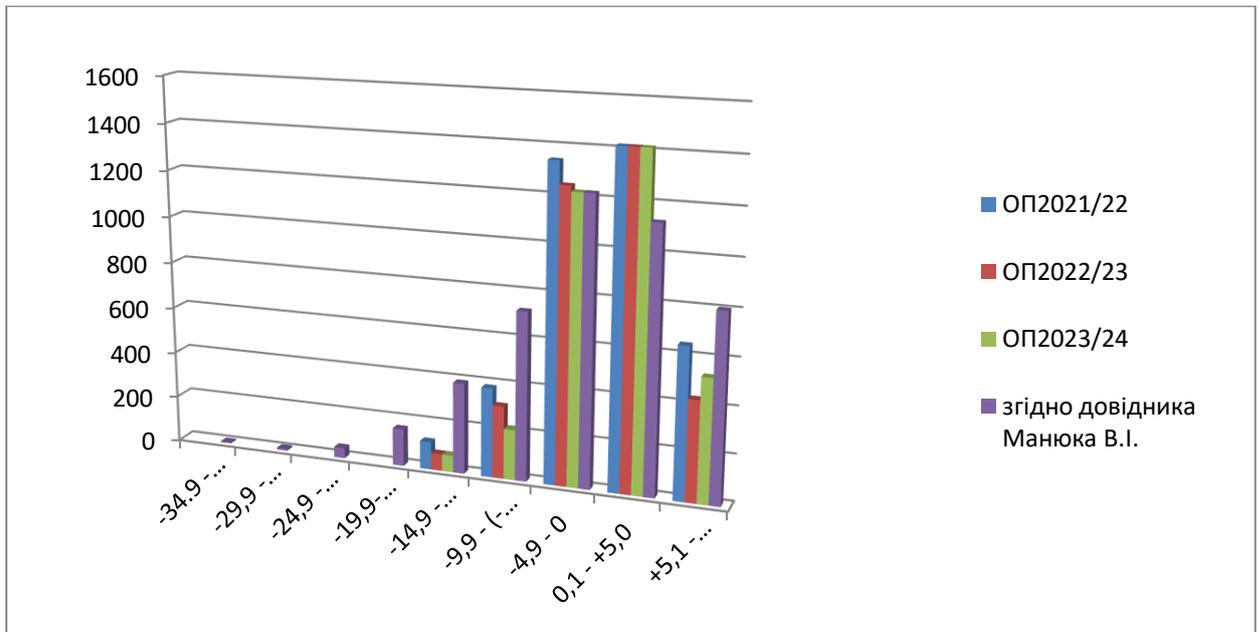


Рис. 2 Період стояння нормативних та фактичних температур зовнішнього повітря у м.Гадяч.

Таблиця 4. Тривалість стояння температур зовнішнього повітря нижче вказаної в таблиці t_3 протягом опалювальних періодів 2021/22, 2022/23, 2023/24 років у м.Гадячі та згідно даних довідника Манюка В.І.

Опалювальний період	Температура, $t_3, ^\circ\text{C}$	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
2021/22	Кількість годин стояння температур			120	504	1848	3264	3912
2022/23				72	384	1632	3048	3480
2023/24				72	288	1512	2928	3456
згідно даних довідника Манюка В.І.		58	219	610	1333	2557	3685	4488
порівняння фактичної кількості годин стояння температур ОП2023/24 з даними згідно довідника Манюка В.І.		-58	-219	-538	-1045	-1045	-757	-1032

Аналізуючи дані наведені у таблиці, видно, що фактична тривалість періоду стояння температур зовнішнього повітря значно відрізняється від довідникових

значень. Для порівняння, як уже зазначалося, враховано фактичні дані температури зовнішнього повітря за опалювальний період 2023/24 років. Із таблиці видно, що близько 1512 годин, що відповідає 44% опалювального періоду 2023/24 років утримується температура нижче 0°C, тоді як згідно довідника Манюка В.І. вказана тривалість стояння температур нижче 0°C повинна тривати 2557 годин, що відповідає 57%. Зовнішня температура нижче - 10°C, яка є найнижчою протягом опалювальних періодів минулих років, утримується лише 72 години, тоді як згідно довідникових даних її тривалість повинна становити 610 годин. Температура -23°C, на яку згідно нормативних документів проектується обладнання системи тепlopостачання, у місті Гадячі за останні роки не зафіксована, а тому устаткування котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м. Гадяч працювало на низьких режимах, і відповідно обсяги відпуску теплової енергії були значно значно нижчими, ніж заплановано. Така система опалення вимагає значних капітальних витрат, які протягом терміну експлуатації використовуються вкрай неефективно, що потребують додаткових змін та підвищення ефективності теплогенеруючого обладнання та теплових мереж.

Обсяги виробництва теплової енергії напряму залежать від температури зовнішнього повітря та тривалості опалювального періоду, що підтверджується даними викладеними у таблиці

Таблиця 5. Характеристика впливу температури зовнішнього повітря та тривалості опалювального періоду на обсяги виробництва теплової енергії котельнею по вул. Полтавська, 19 «А» у м.Гадяч за 2018-2022 роки

Показники	2018	2019	2020	2021	2022	2023
температура зовнішнього повітря, °C	-1,5	1,1	1,9	0,7	1,4	1,6
кількість днів опалювального періоду, днів	171	177	188	192	182	166

Обсяг виробленої теплової енергії, тис.Гкал	14,8	12,8	12,2	14,8	12,2	12,5
---	------	------	------	------	------	------

З наведеної таблиці видно, що чим нижча середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період у відповідний календарний рік, тим вищий обсяг виробництва теплової енергії, так наприклад в 2018 році при середній температурі зовнішнього повітря $-1,5^{\circ}\text{C}$ обсяг виробництва теплоти складає 14,8 тис.Гкал, тоді як при найвищій середній температурі зовнішнього повітря $+1,9^{\circ}\text{C}$, яка спостерігалася у 2020 році, обсяг виробництва знизився до 12,2 тис.Гкал, тобто більше ніж на 21%, при температурі $+1,1^{\circ}\text{C}$ у 2019 році, обсяг теплової енергії склав 12,8 тис.Гкал, що на 15,6 % менше, ніж обсяг виробництва в період з найхолоднішою середньою температурою зовнішнього повітря, тобто у 2018 році. Із дослідження необхідно виключити дані за 2022 рік, так як, протягом вказаного періоду, мали місце неодноразові зупинки роботи теплогенеруючого обладнання, через відсутність електроенергії (в результаті ударів по енергетиці).

Таким чином, даний аналіз встановлює пряму залежність кількості виробленої теплової енергії на котельні по вулиці Полтавська, 19 «А» від температури зовнішнього повітря та тривалості опалювального періоду, а також підтверджує той факт, що зміна клімату в бік потепління, суттєво зменшує потребу у теплоті для надання послуг з теплопостачання, та як наслідок, річне вироблення теплової енергії.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ.

2.1. Розрахунок теплового навантаження на опалення та постачання гарячої води.

Основними споживачами теплової енергії від джерел тепlopостачання є побутові споживачі, бюджетні установи та організації, а також інші суб'єкти господарської діяльності. Головним завданням тепlopостачання є забезпечення заданих комфортних умов в опалювальних приміщеннях. Вирішення цієї задачі залежить від правильної роботи джерела теплоти, зовнішніх і внутрішніх тепломереж та технічних розрахунків потреби підприємства у теплоті, яку необхідно виробити та поставити споживачам.

Теплові навантаження на опалення суттєво змінюються протягом опалювального періоду, оскільки залежать від температури зовнішнього повітря та інших чинників і визначаються за відповідними проектами[10].

У разі відсутності проектних даних, та враховуючи те, що всі житлові будинки та будівлі інших споживачів теплової енергії, яка постачається котельнею по вул. Полтавська, 19 а, побудовані до 2000 року, то теплові навантаження на опалення по КПТГ «Гадячтеплоенерго» визначаються за укрупненими показниками питомих витрат теплоти на одиницю об'єму, згідно показників КТМ 204 Україна 244-94 «Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні» та розраховуються за формулами [7]:

$$Q_o^{max} = V_3 * q_0^v * (t_{вн}^{норм} - t_{з,розр}^{норм}) * K * 10^{-3}, \text{Мкал/год} \quad (2.1)$$

де,

Q_o^{max} - розрахункове теплове навантаження на опалення, Мкал/год

V_3 - зовнішній будівельний об'єм багатоквартирного будинку, поруди та інших об'єктів. Значення цього показника отримано із технічних папсортів, наданих споживачем, або визначено шляхом натуральних вимірювань будинку, м³;

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

q_0^v - питома опалювальна характеристика будівлі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, приймається за даними табл.2.5 КПТ 204 Україна 244-94 (для житлових будинків), табл.2.6. (для громадських споруд та установ обслуговування населення) залежно від року забудови і призначення будівлі і господарських споруд, ккал/год;

$t_{вн}^{норм}$ – нормована середня температура внутрішнього повітря в будинку в холодний період року, прийнято на рівні 18 °С; для громадських будівель і споруд відповідно до даних табл.2.2. КТМ 204 Україна 244-94, °С;

$t_{з.розр.}^{норм.}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для розрахунку систем опалення, приймається на рівні середньої нормованої температури найбільш холодної п'ятиденки згідно з ДСТУ- Н Б В. 1.1 -27: 2010 і становить для Гадяча Полтавської області -23 °С.

При розрахунках, з ДСТУ- НБВ.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», враховані дані найбільш наближеного міста до об'єкту будівництва, а саме по місту Лубни [5].

К – коефіцієнт перерахування, (згідно табл.2.7 КТМ 204 України 244-94 для Полтавської обл. при $t_{з.розр.}^{норм.} = -23^{\circ}\text{C}$ $\alpha = 1,116$) [7]. При вжитті енергозберігаючих заходів, зокрема таких як заміна вікон, коефіцієнт перерахування зменшується і становить при 100% заміні вікон - 0,83; при заміні 80% - 0,89; при заміні 50% - 0,95; при заміні 25% - 1,02; вікна не замінені – коефіцієнт залишається незмінним і становить 1,116. Коефіцієнт перерахунку визначаю методом інтерполяції, в залежності від відсотку заміни вікон.

По кожному багатоквартирному житловому будинку, було визначено об'єм квартир, у яких влаштовані індивідуальні системи тепlopостачання, та, розраховано відсоток на, який, було зменшено розрахункове теплове навантаження на опалення, що забезпечило більш точні розрахунки годинних витрат теплоти на опалення жилих будинків.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Для прикладу навожу порядок розрахунку теплового навантаження на опалення багатоквартирного будинку №12 по площі Миру у місті Гадячі, 1986 року будівництва.

$$Q_0^{max} = 34200 * 0,34 * (18^{\circ}\text{C} - (-23^{\circ}\text{C})) * 0,86 * (1 - 0,18) * 10^{-3} = 336,2 \text{ Мкал/год}$$

Розрахунок максимального теплового навантаження на опалення всіх будинків та споруд споживачів котельні по вулиці Полтавська, 19 а та вихідні дані, які використовувалися при цьому наведені у таблиці 6.

Таблиця 6.Визначення максимальних годинних витрат теплоти на опалення.

№	Адреса будинку	Рік зведення	q_0 відповідно до будівельного об'єму та року зведення, ккал/(м ³ *Год*°C)	Vз зовнішній будівельний об'єм, м ³	К коефіцієнт перерахуння	відсоток автономного опалення	Qоп.буд Максимальний розрахунковий тепловий потік на ЦО(без квартир з індивідуальним опаленням) Мкал/год
1	пл.Миру, 11	1973	0,36	14 625	0,875	21,6	148,159
2	пл.Миру, 11 а	1980	0,34	14 040	0,875	16,0	143,835
	пл.Миру, 11а, ПП Барабан Т.Б, кафе ВЕЛЕС"	1980	0,4	432	0,83		5,594
3	пл.Миру, 12	1986	0,34	34 200	0,86	18,0	336,162
4	пл.Миру, 19	1978	0,33	18 000	0,875	19,0	172,588
	пл.Миру, 19, відділ культури Гадяцької міської ради, Центральна бібліотека ім.Л.Українки	1978	0,45	741	0,875		11,963
5	вул. Полтавська, 13	1982	0,33	18 000	0,92	21,0	176,982
	вул. Полтавська, 13, ЗАГС	1982	0,46	810	0,92		14,054
6	вул. Полтавська, 17	1978	0,33	18 360	0,875	23,0	167,345

7	вул. Полтавська, 17 а	1979	0,34	20 366	0,95	24,0	204,950
8	вул. Полтавська, 22, ПФ АТ "УКРТЕЛЕКОМ"	1980	0,38	11 138	1,04	25,0	135,335
9	вул. Полтавська, 23	1980	0,33	18 360	0,92	26,0	169,095
10	вул. Полтавська, 23 а, ФОП Булах С.М., магазин "Текстиль"	2006	0,4	196	0,83	27,0	1,947
11	вул. Полтавська, 35	1990	0,33	26 460	0,875	28,0	225,511
12	вул. Полтавська, 39	1988	0,34	22 500	0,875	29,0	194,828
13	вул. Полтавська, 3 а ПП Шилович В.Г., "Ринок"	2004	0,4	228	1,16	30,0	3,032
14	вул. Полтавська, 44/1, ПП Жигура П. В., кафе "Чергінівське"	1999	0,4	175	1,16	31,0	2,297
15	вул. Полтавська, 44	1994	0,36	41 130	0,86	32,0	354,967
	вул. Полтавська, 44, ЦНПМП Гадяцької міської ради (дитяча консультація)	1994	0,4	3 990	0,86		59,020
16	вул. Русанівська, 2	1962	0,45	2 592	0,95	5,2	43,069
17	вул. Гадяцького Договору, 8, приміщення архіву Гадяцької міської ради	1910	0,43	364	1,16		7,444
18	вул. Героїв Майдану, 2	1985	0,43	4 914	0,875	15,7	63,888
19	вул. Героїв Майдану, 3	1963	0,57	1 560	0,95	9,8	31,244
20	вул. Героїв Майдану, 4, ДНЗ №4 "Сонечко"	1975	0,38	2 344	1,04		39,833
21	вул. Героїв Майдану, 5, відділ соціального захисту населення Гадяцької міської ради	1912	0,43	946	1,16		19,346
22	вул. Героїв Майдану, 5б, ПП Ракочій В.М., ПП "ГАРАНТ"	1912	0,43	135	0,875		2,083
23	вул. Героїв Майдану, 7	1966	0,46	4 680	0,875	13,7	66,682
24	вул. Героїв Чорнобиля, 1	1966	0,55	1 560	1,116	0,0	39,259
25	вул. Героїв Чорнобиля, 2	1996	0,34	12 060	0,83	14,0	119,946

ДБНТ.11393819.МР

Арк.

22

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

26	вул.Героїв Чорнобиля,3	1966	0,57	1 512	0,89	0,0	31,449
27	вул.Героїв Чорнобиля,5	1966	0,5	3 024	0,89	45,4	30,135
28	вул.Гетьманська,31, Відділ освіти, молоді і спорту Гадяцької міської ради (адміністративна будівля)	1966	0,43	1 624	0,875		25,052
29	вул.Гетьманська, 35, Гадяцька гімназія ім.О.Пчілки	1965	0,39	16 473	0,875		230,478
30	вул.Гетьманська, 45	1975	0,34	18 072	0,86	10,9	192,974
31	вул.Гетьманська, 47	1987	0,34	13 320	0,86	20,7	126,631
32	вул.Гетьманська, 49	1988	0,34	12 600	0,875	20,2	122,690
33	вул.Гетьманська, 58	1979	0,38	8 640	0,875	11,8	103,933
34	вул.Гетьманська, 62	1971	0,38	9 720	0,875	36,4	84,341
35	вул.Драгоманова,16	1990	0,33	34 518	0,89		415,655
36	вул.Драгоманова, 2, ДНЗ №2 "БЕРІЗКА"	1971	0,38	4 399	1,05		75,474
37	вул.Драгоманова, 22	1994- 2001	0,33	39 960	0,875		473,076
	вул.Драгоманова, 22		0,46	648	0,875		10,694
38	вул. Драгоманова, 4	1967	0,35	6 144	0,83	22,2	56,903
39	вул.Драгоманова, 6, Видавництво "Гадяч"	1944	0,43	2 160	1,16		44,174
40	вул.Драгоманова, 8, Редакція газети "Рідний край. Газета Гадяцького земства"	1944	0,43	613	1,16		12,536
41	вул. Західна, 2	1964	0,5	3 024	0,875	27,5	39,315
42	вул. Західна, 4, РТЦК та СП	1914	0,43	3 462	0,86		52,490
43	пл. Соборна, 9б,Гадяцький фаховий коледж культури і мистецтв ім. І.Котляревського	2008	0,37	2 588	0,83		32,586
44	пл.Соборна 21, ГО "Діти інваліди та інваліди з дитинства"	1830	0,43	1 390	0,95		23,274
45	пл.Соборна, 9, Гадяцький фаховий коледж культури і мистецтв ім.	1978	0,33	20 917	0,83		234,896

					06НТ.11393819.МР		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			23

	І.Котляревського						
46	вул.Шевченка, 10	1978	0,38	11 568	0,83		156,888
47	вул.Шевченка, 11	1991	0,33	18 720	0,83	12,2	184,492
48	вул.Шевченка, 14	1900	0,43	451	0,83		6,599
49	вул.Шевченка, 32	1980	0,33	17 640	0,875	18,1	171,099
50	вул.Шевченка, 34	1978	0,34	19 080	0,875	22,2	181,039
51	вул.Шевченка, 36	1983	0,33	21 600	0,875	17,8	210,225
52	вул.Шевченка, 38	1981	0,34	13 320	0,95	0,8	175,039
53	вул.Шевченка, 5, Гадяцька міська рада (центр надання адм.послуг)	1970	0,43	2 374	0,85		35,579
54	вул.Шевченка, 9	1987	0,33	18 720	0,875	29,1	157,152
55	вул.Шевченка, 12, ПП Ляшко О.М.	1900	0,48	607	0,83		9,915
56	вул.Юрія Немирича, 3	1974	0,45	3 168	0,83	2,9	47,106
57	вул.Юрія Немирича, 5	1972	0,45	3 198	0,875	17,0	42,836
58	вул.Юрія Немирича, 7, ДНЗ 10 "Казка"	1985	0,41	8 189	0,95		137,153
ВСЬОГО				638 349			6894,335

З таблиці видно, що загальна кількість теплової енергії, яка необхідна для задоволення потреб споживачів у тепловій енергії для опалення становить 6 894,335 Мкал/год або 8,01 МВт. Даний показник наближений до розрахункового теплового навантаження, яке визначене за дійсними показниками загально будинкових приладів обліку теплової енергії за останні три опалювальні сезони, середніми температурами зовнішнього повітря, згідно даних Полтавського центру гідрометрології та тривалістю відповідних періодів, згідно розпоряджень Гадяцької міської ради, і яке становить 6351,5 Мкал/год або 7,39 МВт.

Вищенаведене свідчить, що розраховані витрати теплоти на опалення приміщень споживачів котельні по вул. Полтавська, 19 а, мають коректний та наближений до фактичного споживання результат максимального теплового навантаження.

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Далі переходимо до визначення годинних витрат теплоти на гаряче водопостачання споживачів житлових будинків, ккал/год, які розраховуються за формулою [7]:

$$Q_{г.в.сер} = \frac{1,2 * m * c * a * (55 - t_{х.в})}{T * 3,6} * 10^{-3} * 0,86, \text{ Мкал/год} \quad (2.2)$$

m - кількість мешканців споживачів, чол;

a - норма споживання гарячої води, л/добу на 1 людину. Для житлових будинків затверджена середньодобова норма витрат води на 1 людину складає 105 л/добу; для гуртожитків - 80 л/добу;

$t_{х.в}$ - температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, °С (при відсутності даних беруть $t_{х.в} = 5$ °С);

№	Адреса будинку	Кількість мешканців, споживачів ГВП, шт m	Норма споживання гарячої води л/чол a	Період споживання ГВ, год (24 години для житлових), T	Середнє розрахункове навантаження на ГВП, Мкал/год
1	2	4	5	6	7
1	пл.Миру, 11 а	51	105	24	13,391
2	пл.Миру, 12	100	105	24	26,256
3	пл.Миру, 19	65	105	24	17,066
4	вул. Полтавська, 13	67	105	24	17,592
5	вул. Полтавська, 17	63	105	24	16,541
6	вул. Полтавська, 17 а	35	80	24	7,002
7	вул. Полтавська, 23	60	105	24	15,754
8	вул. Полтавська, 35	94	105	24	24,681
9	вул. Полтавська, 39	65	105	24	17,066
10	вул. Героїв Чорнобиля, 2	43	105	24	11,290
11	вул. Гетьманська, 45	66	105	24	17,329
12	вул. Гетьманська, 47	52	105	24	13,653
13	вул. Гетьманська, 49	21	105	24	5,514
14	вул. Гетьманська, 58	39	105	24	10,240
15	вул. Драгоманова, 22	167	105	24	43,847
16	вул. Шевченка, 11	74	105	24	19,429
17	вул. Шевченка, 32	77	105	24	20,217

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

18	вул.Шевченка, 34	72	105	24	18,904
19	вул.Шевченка, 36	68	105	24	17,854
20	вул.Шевченка, 38	119	105	24	31,245
21	вул.Шевченка, 9	44	105	24	11,553
ВСЬОГО					376,423

c – питома теплоємність води, 4,187кДж/(кг⁰С);

T - період споживання гарячої води, годин

Приклад розрахунку середнього розрахункового навантаження на гаряче водопостачання привожу на прикладі багатоквартирного будинку № 12 по площі Миру у м.Гадяч:

$$Q_{г.в.сер} = \frac{1,2 * 100 * 4,187 * 105 * (55 - 5)}{24 * 3,6} * 10^{-3} * 0,86 = 26,256 \text{ Мкал/год}$$

Постачання води до громадських будівель та приміщень інших споживачів (крім населення), КПТГ «Гадячтеплоенерго» не проводиться. Надання послуг з постачання гарячої води, на підприємстві здійснюється лише протягом опалювального періоду.

Таблиця 7. Середнє розрахункове теплове навантаження на гаряче водопостачання споживачів котельні по вул. Полтавська, 19 а м.Гадяч

Теплове навантаження на постачання гарячої води по котельні Полтавська, 19 а становить 376,423 Мкал/год або 0,44 МВт.

Враховуючи вищевикладене, загальне навантаження на опалення та постачання гарячої води споживачам котельні по вул. Полтавська, 19 а у м. Гадячі складає:

$$Q_{заг}^{max} = 6,89 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} + 0,38 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} = 7,27 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

або

$$Q_{заг}^{max} = 8,01\text{МВт} + 0,44\text{МВт} = 8,45 \text{ МВт}$$

2.2. Побудова температурного графіку теплоносія від котельні.

Регулювання відпуску теплоти в системах централізованого теплопостачання є важливим фактором забезпечення оптимального теплового і гідравлічного режимів роботи системи: джерела енергії, теплової мережі і

					06НТ.11393819.МР	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

споживачів. На джерелі енергії оптимальний режим забезпечує мінімально необхідне споживання палива, максимальну ефективність роботи насосів, теплообмінників і інших мережних пристроїв [18].

З цією метою необхідно штучно змінити температуру теплоносія та його кількість у зв'язку із зміною температури зовнішнього повітря, та з врахуванням потреб споживачів. Таким чином відпуск теплової енергії споживачам проводиться за температурним графіком теплових мереж [15].

Температурний графік — залежність температури теплоносія (води) у системі опалення від температури зовнішнього повітря .

Температура теплоносія на вході в систему опалення при якісному регулюванні залежить від температури зовнішнього повітря, тобто чим нижча температура зовнішнього повітря, тим з більшою температурою повинен піти теплоносій у систему опалення [33].

Котельня по вул. Полтавська, 19 а у м. Гадячі працює за температурним графіком 95°С/70°С.

Для побудови температурного графіка розраховуємо температуру теплоносія в подавальному τ_1 та зворотному τ_2 трубопроводах теплової мережі при різних значеннях температури зовнішнього повітря $t_{3.0}$. в діапазоні від +8°С до -23°С за наступними формулами [11]:

$$\tau_1 = t_B + (\tau_{пр.о} - t_B) \overline{Q}_0^{0,8} + (\tau_{10} - \tau_{пр.о}) \overline{Q}_0, \text{°С}; \quad (2.3)$$

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_{10} - \tau_{20}) \overline{Q}_0, \text{°С}; \quad (2.4)$$

де $t_B = 18^\circ\text{C}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря;

$\tau_{пр.о} = 95^\circ\text{C} + 70^\circ\text{C}/2 = 82,5^\circ\text{C}$ – середня температура теплоносія в нагрівальних приладах системи опалення при $t_{3.0}$;

$\tau_{10} = 95^\circ\text{C}$, $\tau_{20} = 70^\circ\text{C}$ – розрахункова температура теплоносія в подавальному і зворотному трубопроводах теплової мережі при $t_{3.0}$;

\overline{Q}_0 – відносна витрата теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря $t_{3.0}$,

$$\overline{Q}_0 = \frac{t_B - t'_3}{t_B - t_{3.0\text{розп}}}. \quad (2.5)$$

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приклад розрахунку температури води в подавальному та зворотному трубопроводах для температурного графіку 95/70 для $t_3 = -8^\circ\text{C}$

$$\tau_1 = 18 + (82,5 - 18) * \left(\frac{(18 - (-8))}{(18 - (-23))}\right)^{0,8} + (95 - 82,5) * \left(\frac{(18 - (-8))}{(18 - (-23))}\right) = 18 + (82,5 - 18) * (0,63)^{0,8} + (95 - 82,5) * (0,63) = 18 + 45 + 8 = 71^\circ\text{C};$$

$$\tau_2 = 71 - (95 - 70) * 0,63 = 55^\circ\text{C};$$

для $t_3 = +8^\circ\text{C}$

$$\tau_1 = 18 + (82,5 - 18) * \left(\frac{(18 - 8)}{(18 - (-23))}\right)^{0,8} + (95 - 82,5) * \left(\frac{(18 - 8)}{(18 - (-23))}\right) = 18 + (82,5 - 18) * (0,24)^{0,8} + (95 - 82,5) * (0,24) = 18 + 45 + 8 = 42^\circ\text{C};$$

$$\tau_2 = 42 - (95 - 70) * 0,24 = 36^\circ\text{C};$$

Результати розрахунків температури теплоносія занушу до таблиці 8 :

Таблиця 8. Температурний графік відпуску теплоти від котельні по вул. Полтавська, 19 а у м.Гадяч.

Температура зовнішнього повітря, t_3	Температура у подавальному трубопроводі, τ_1	Температура у зворотному трубопроводі, τ_2	Температура зовнішнього повітря, t_3	Температура у подавальному трубопроводі, τ_1	Температура у зворотному трубопроводі, τ_2
-23	95	70	-7	69	54
-22	93	69	-6	67	53
-21	92	68	-5	66	52
-20	90	67	-4	64	50
-19	89	66	-3	62	49
-18	87	65	-2	60	48
-17	86	64	-1	59	47
-16	84	63	0	57	46
-15	82	62	1	55	45
-14	81	61	2	53	44
-13	79	60	3	51	42
-12	77	59	4	50	41
-11	76	58	5	48	40

-10	74	57	6	46	38
-9	72	56	7	44	37
-8	71	55	8	42	36

Враховуючи те, що котельня по вулиці Полтавська, 19 а у місті Гадяч працює в режимі постачання теплової енергії для задоволення потреб опалення та гарячого водопостачання, температура теплоносія в закритій тепловій мережі, для забезпечення відповідної якості послуг з постачання гарячої води, не повинна бути нижче 60°C . Тому, у період тривалості температури зовнішнього повітря від $+8^{\circ}\text{C}$ до -2°C , необхідно застосувати режим централізованого якісного регулювання та постачати теплову енергію за температурним графіком «зі зрізкою», який відображений на рис. 3.

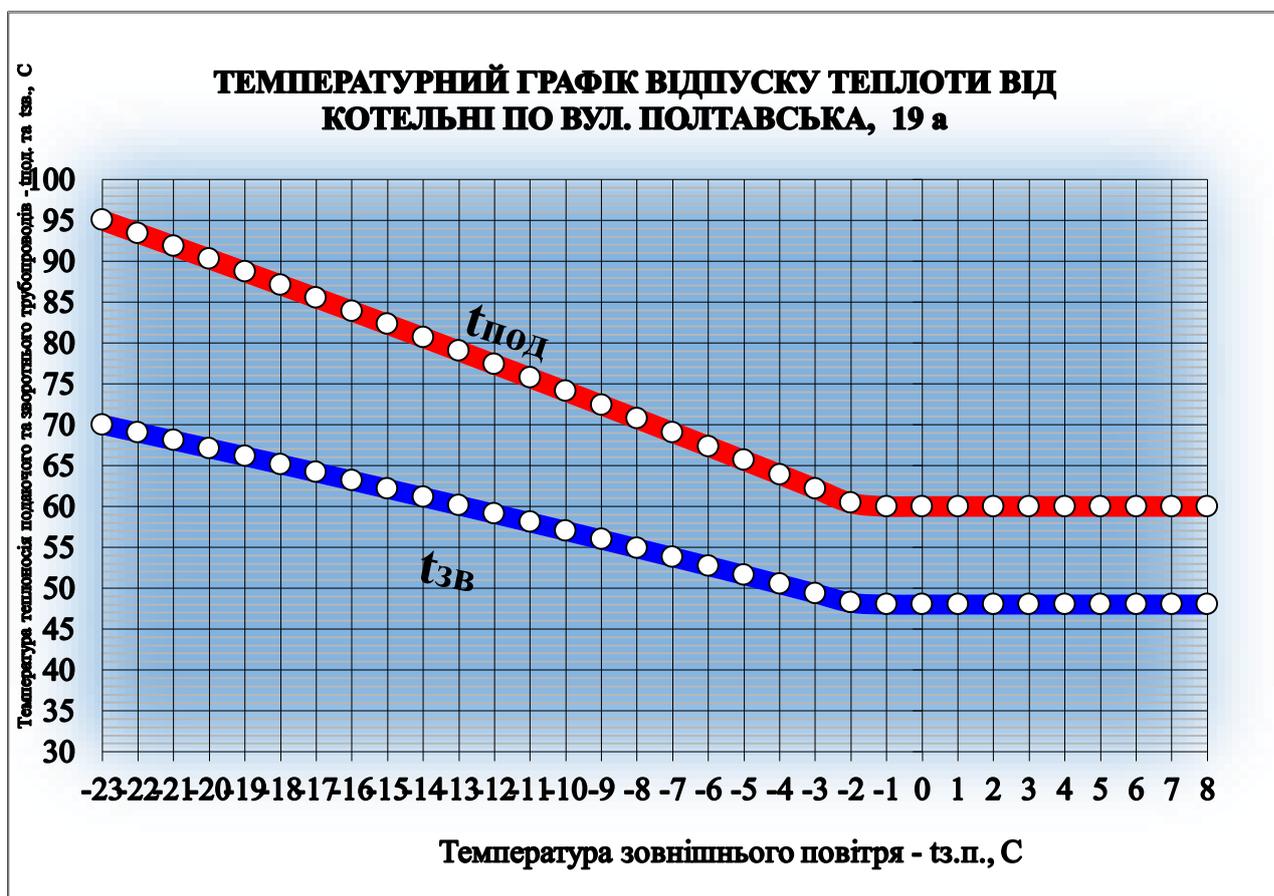


Рис.3. Температурний графік відпуску теплоти від котельні по вул. Полтавська, 19 а.

Температурний графік відпуску теплоти від котельні по вул. Полтавська, 19 а наведено у графічній частині диплому (лист 4)

2.3. Побудова графіка витрат теплоти в залежності від температури зовнішнього повітря.

Для визначення завантаження, режиму роботи, економічності використання теплофікаційного обладнання користуюся графіком витрат теплоти, який дозволяє їх регулювати в залежності від температури зовнішнього повітря. Графік витрат теплоти будує для всього мікрорайону, який підключений до котельні по вулиці Полтавська, 19 .

По осі абсцис відкладаю значення температур зовнішнього повітря від $t_3 = +8$ °С до $t_{3,0} = -23$ °С (для м.Гадяч), по осі ординат – витрати теплоти. При довільній температурі зовнішнього повітря t_3 (-15, -10, -5, 0, +8) витрату теплоти на опалення Q_o , визначено за формулою [7, 10], МВт

$$Q_o = Q_{3,0} \frac{t_B - t_3}{t_B - t_{3,0}}, \text{ МВт} \quad (2.7)$$

де Q_o – розрахункова витрата тепла на опалення, МВт;

$Q_{3,0}$ - витрата теплоти на опалення при розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_{3,0}$, МВт;

t_B – розрахункова температура повітря в приміщеннях будинків, +18 °С;

t_3 – будь-яка температура зовнішнього повітря в діапазоні температур від +8 до -23°С, при якій визначають витрати теплоти на опалення.

Таким чином, витрата теплоти на опалення змінюється лінійно в залежності від зміни температури зовнішнього повітря, а саме при зниженні температури зовнішнього повітря витрати теплоти на опалення збільшуються.

Приклад розрахунку витрати теплоти на опалення:

- для зовнішнього повітря +8 °С становить:

$$Q_o = 8,01 * \frac{18-8}{18-(-23)} = 1,95 \text{ МВт};$$

- для зовнішнього повітря 0 °С становить:

$$Q_o = 8,01 * \frac{18-0}{18-(-23)} = 3,52 \text{ МВт};$$

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- для зовнішнього повітря -15 °С становить:

$$Q_o = 8,01 * \frac{18 - (-15)}{18 - (-23)} = 6,45 \text{ МВт};$$

Витрата теплоти на гаряче водопостачання не залежить від температури зовнішнього повітря, $Q_{г.в}^{сер} = 0,44 \text{ МВт}$

Витрати теплоти при різних температурах наведені у таблиці 9.

Таблиця 9. Витрати теплоти при різних температурах зовнішнього повітря.

Температура зовнішнього повітря, t_3 , °С	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	-23
Витрати теплоти на опалення, Q_o , МВт	1,95	2,55	3,52	4,50	5,48	6,45	7,43	8,01
Витрати теплоти на гаряче водопостачання, $Q_{г.в}^{сер}$, МВт	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Сумарна витрата теплоти, ΣQ , МВт	2,39	2,99	3,96	4,94	5,92	6,89	7,87	8,45

По отриманим значенням будує графік зміни витрат теплоти на опалення та гаряче водопостачання залежно від температури зовнішнього повітря (рис.4). Сумарний графік витрати теплоти будує на підставі графіків витрат на опалення і гаряче водопостачання, шляхом складання витрат теплоти при певних значеннях температури зовнішнього повітря.

Графік витрат теплоти на опалення та гаряче водопостачання залежно від температури зовнішнього повітря у м.Гадяч та Графік витрат теплоти на опалення та гаряче водопостачання (із зрізкою) залежно від температури зовнішнього повітря наведено у графічній частині диплому (лист4).

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

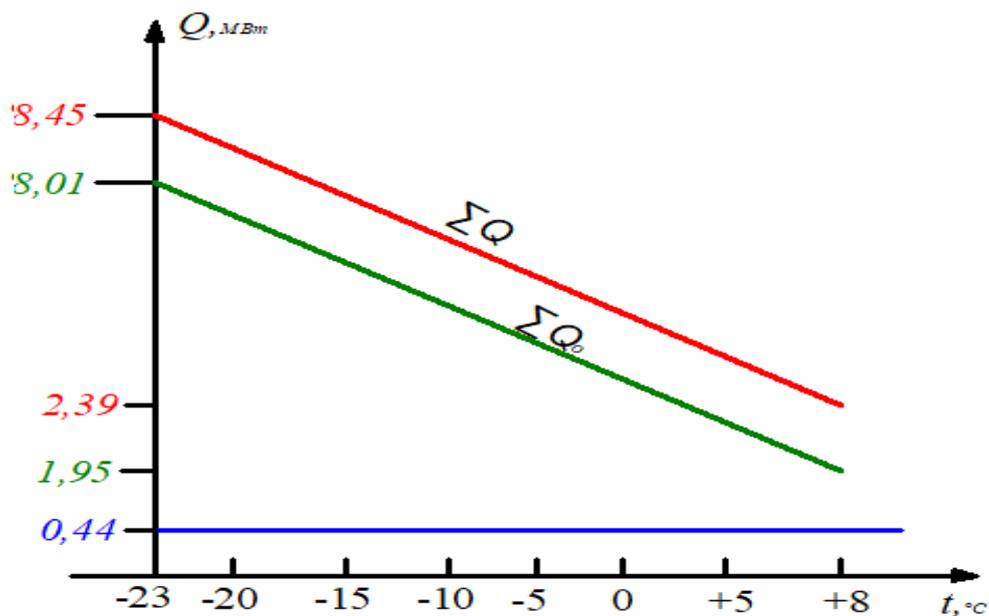


Рис.4. Графік витрат теплоти на опалення та гаряче водопостачання залежно від температури зовнішнього повітря у м.Гадяч.

2.4. Побудова графіку теплоти в залежності від тривалості стояння різних температур зовнішнього повітря.

Кількість теплоти, яку необхідно витрати на опалення та гаряче водопостачання на протязі опалювального сезону можна визначити за допомогою графіка витрат теплоти в залежності від тривалості стояння температур зовнішнього повітря. Його також використовують і на етапі планування завантаженості обладнання. Цей графік будують на основі сумарного графіка витрат теплоти і тривалості різних температур зовнішнього повітря, взятих при розрахунках із довідника Манюка В.І. для міста Полтава(найбільш наближеної дочки до об'єкта дослідження)[8]. Довідникова тривалість температур зовнішнього повітря та тривалість годин, коли температура зовнішнього повітря буде нижчою за встановлену температуру зовнішнього повітря, відображена у таблицях 3 розділу 1.3.

Графік витрати теплоти на опалення та ГВП залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі за довідником Манюка В.М.

зображено на рисунку 5 та у графічній частині диплому (лист 4). На осі абсцис відкладено тривалість періоду, згідно довідникових даних, із середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що є нижчою від даної t_3 .

З метою забезпечення споживачів якісними послугами гарячого водопостачання, а саме відпуску теплоносія при температурі не нижче 60°C , при побудові графіку враховано, що протягом періоду із температурою зовнішнього повітря -2°C до $+8^{\circ}\text{C}$ котельня працює за температурним графіком «із зрізкою». Тобто система теплопостачання працює в режимі «перетопу», тривалість якого визначається тривалістю стояння середньодобових температур зовнішнього повітря від температури в точці «зламу» температурного графіка до температури $+8^{\circ}\text{C}$.

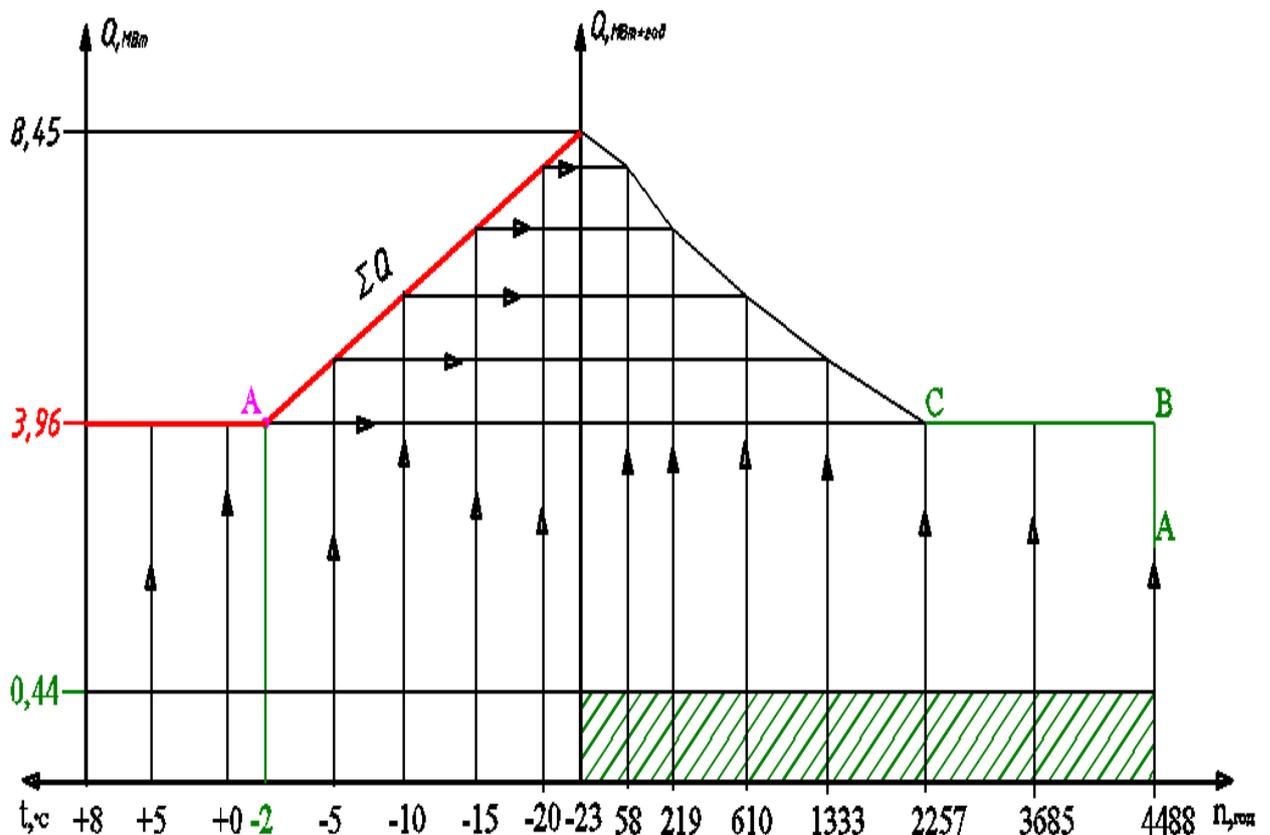


Рис.5. Графік витрати теплоти на опалення та ГВП залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі за довідником Манюка В.М.

Права частина графіку витрати теплоти на опалення та ГВП залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі характеризує річні витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання, які становлять 16 767,87 МВт*год, в тому числі на гаряче водопостачання 1974,7 МВт*год, тоді як фактичні витрати теплоти, за даними підприємства, за опалювальний період 2023/24 років, є значно нижчими і становлять 12 152 МВт*год, в тому числі на гаряче водопостачання -76,2 МВт*год.

Враховуючи те, що у період з від -2°C до $+8^{\circ}\text{C}$ система тепlopостачання працює в режимі «перетопу», то доцільно було визначити річні витрати теплоти лише на опалення за допомогою графіку витрати теплоти на опалення залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі за довідником Манюка В.М., який відображений на рис. 6 та у графічній частині диплому (лист 4).

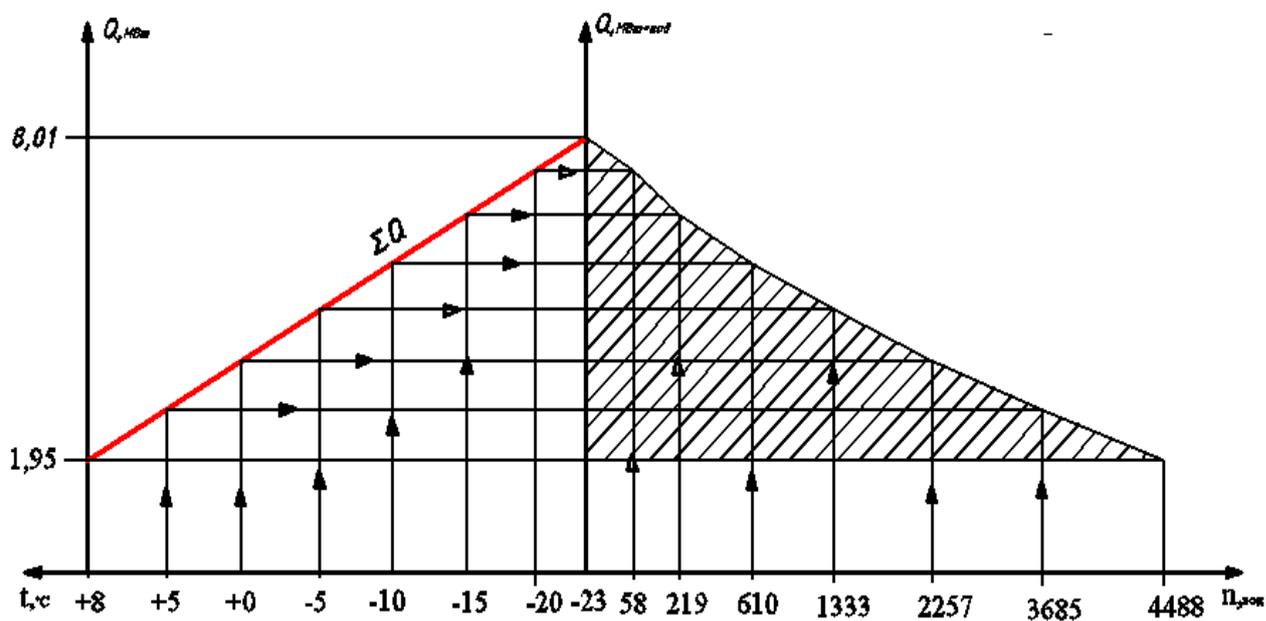


Рис.6. Графік витрати теплоти на опалення залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі за довідником Манюка В.І.

Згідно даних графіку, загальнорічний обсяг витрати теплоти на опалення (без гарячого водопостачання) в залежності від нормативних значень тривалості

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадяч складає 14 052,33 МВт*год, тоді як, згідно даних підприємства, фактичний обсяг 12 076 МВт*год.

Дане зниження, як за графіком витрат теплоти на опалення та гаряче водопостачання так і за графіком витрат теплоти на саме опалення, характеризується зменшенням тривалості опалювального періоду, а також зменшенням кількості годин, коли температура зовнішнього повітря є нижчою від +8°C, з 4488 годин, згідно довідника Манюка В.І., до 3456 годин, згідно фактичних даних Полтавського центру гідрометрології по місту Гадяч за опалювальний період 2023/24 років, тобто на 30%. Також спостерігається і збільшення тривалості днів стояння температур зовнішнього повітря із більш високими фактичними температурами у порівнянні з довідниковими, наприклад, за даними довідника Манюка В.І., температура зовнішнього повітря нижче 10°C, триває 610 годин, тоді як згідно фактичних даних лише 72 години, аналогічно, згідно довідника Манюка В.І., температура зовнішнього повітря у діапазоні з 0 до +5°C тримається протягом 1128 годин, тоді як згідно фактичної температури зовнішнього повітря, така температура спостерігається протягом 1416 годин. Підвищена температура впливає на зменшення теплового навантаження на опалення та гаряче водопостачання, і як наслідок, на зменшення загальних річних витрат теплоти.

Таким чином, з метою надання послуг з постачання гарячої води відповідної кількості та належної якості, котельня повинна працювати в режимі «перетопу» протягом періоду, коли температура зовнішнього повітря є вищою (- 2°C) і до (+ 8°C), і як результат, надлишок відпущеної теплової енергії, яка немає джерела покриття, тобто прямі збитки підприємства, складає 1751,3 МВт*год, або 288,8 тис.м3 природного газу, що в грошовому еквіваленті відповідає 3340,5 тис.грн (середня вартість спожитого природного газу, з урахуванням послуг з транспортування та розподілу за жовтень 2024 року складає 11 567,50 грн за тис.м3 (з ПДВ)).

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Слід відмітити, що в нормативних документах міститься інформація, щодо тривалості стояння температур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду, яка використовується при побудові графіка базувалася на кліматичних спостереженнях 1925-1975 рр., тому враховуючи кліматичні зміни останніх десятиліть вона є дещо застарілою.

Враховуючи вищевикладене, з метою отримання результатів, наближених до фактичних, при побудові графіка, тривалість стояння температур зовнішнього повітря визначено за кліматичними даними опалювального сезону 2023/24 років, згідно довідок Полтавського центру метрології, та з урахуванням фактичного початку та закінчення опалювального сезону у м. Гадяч. За цей період була підрахована кількість годин різних градацій температур зовнішнього повітря в діапазоні температур від найхолоднішої п'ятиденки, тобто від -23°C до $+8^{\circ}\text{C}$ [37]. Отриманні результати занесені до таблиці 5 розділу 1.3. Розрахунок тривалості годин стояння температур зовнішнього повітря нижче вказаної температури і результати занесені до таблиці 6 розділу .

Графік витрати теплоти на опалення та ГВП залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі згідно фактичних температур за опалювальний період зображено на рисунку 7 та у графічній частині диплому (лист 4).. На осі абсцис відкладено тривалість періоду за опалювальний сезон 2023/24 років із середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що є нижчою від даної t_3 . Аналогічно, як і при нормативних даних, так і згідно фактичних температур стояння зовнішнього повітря за опалювальний період 2023/24 років, при температурах від $+1^{\circ}\text{C}$ до $+8^{\circ}\text{C}$, постачання теплоносія здійснюється за температурним графіком «із зрізкою».

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

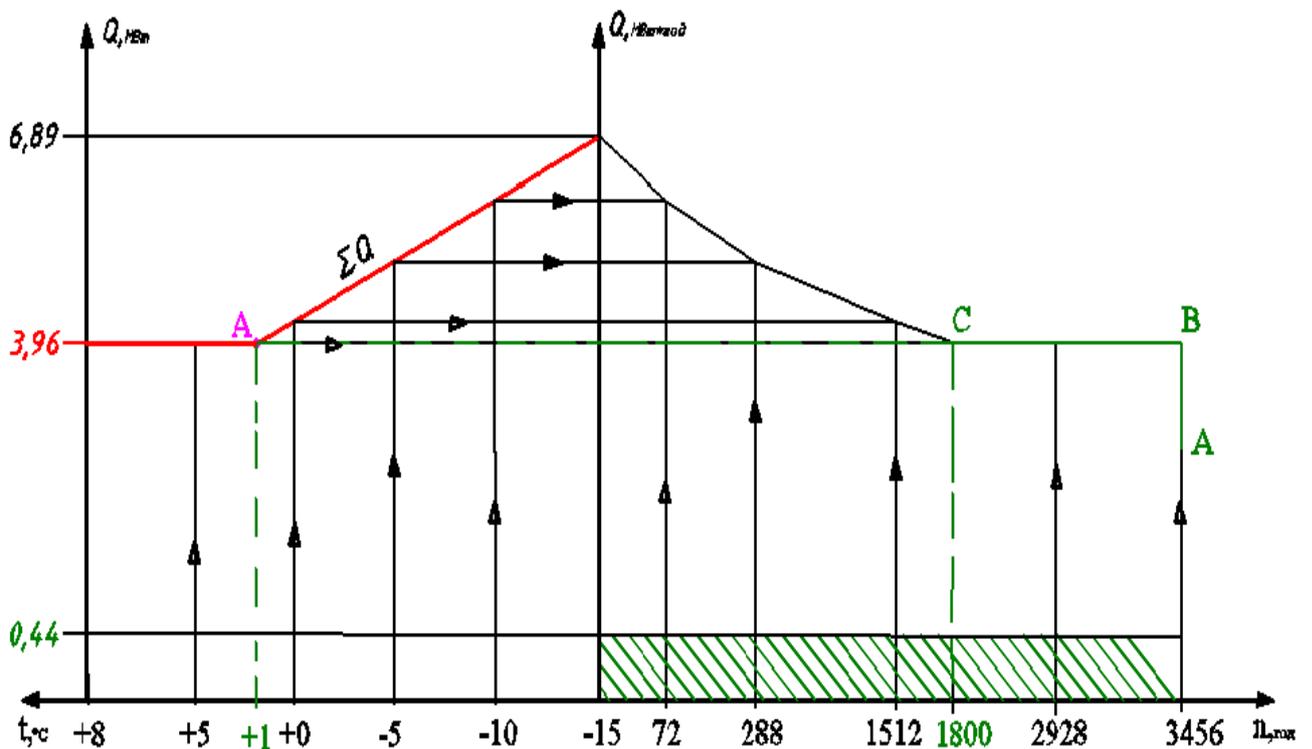


Рис.7. Графік витрати теплоти на опалення та ГВП залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі згідно фактичних температур за опалювальний період 2023/24 років

Площа графіка (справа) відображає річні витрати теплоти на опалення та ГВП залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі, що становлять 14039 МВт*год, та є більш наближеними до фактичних витрат теплоти за даними підприємства, за опалювальний період 2023/24 років, що склали 12152 МВт*год, на відміну від графіку витрати теплоти на опалення та ГВП залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря в м.Гадячі за довідником Манюка В.І. Витрати теплоти на гаряче водопостачання, згідно проведених розрахунків, складають 1520,6 МВт*год, тоді як фактичні витрати теплоти на гаряче водопостачання становлять лише 76,2 МВт*год.

Дані розбіжності характеризуються тим, що значна частина споживачів послуг з постачання гарячої води, не відключена від мереж централізованого постачання гарячої води, але і не споживає відповідні послуги, оскільки використовує електричні водонагрівачі (бойлери), а при розрахунку теплового

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

навантаження на гаряче водопостачання була врахована кількість споживачів, які, на момент, розрахунків підключені до мереж ГВП.

Для визначення витрат теплоти на опалення, за умови, що котельня по вулиці Полтавська, 19 а, працює лише для забезпечення споживачів послугами з постачання теплової енергії, будуюмо графік витрати теплоти на опалення залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі згідно фактичних температур за опалювальний період 2023/24 років, який відображено на рис.8, та у графічній частині диплому (лист 4).

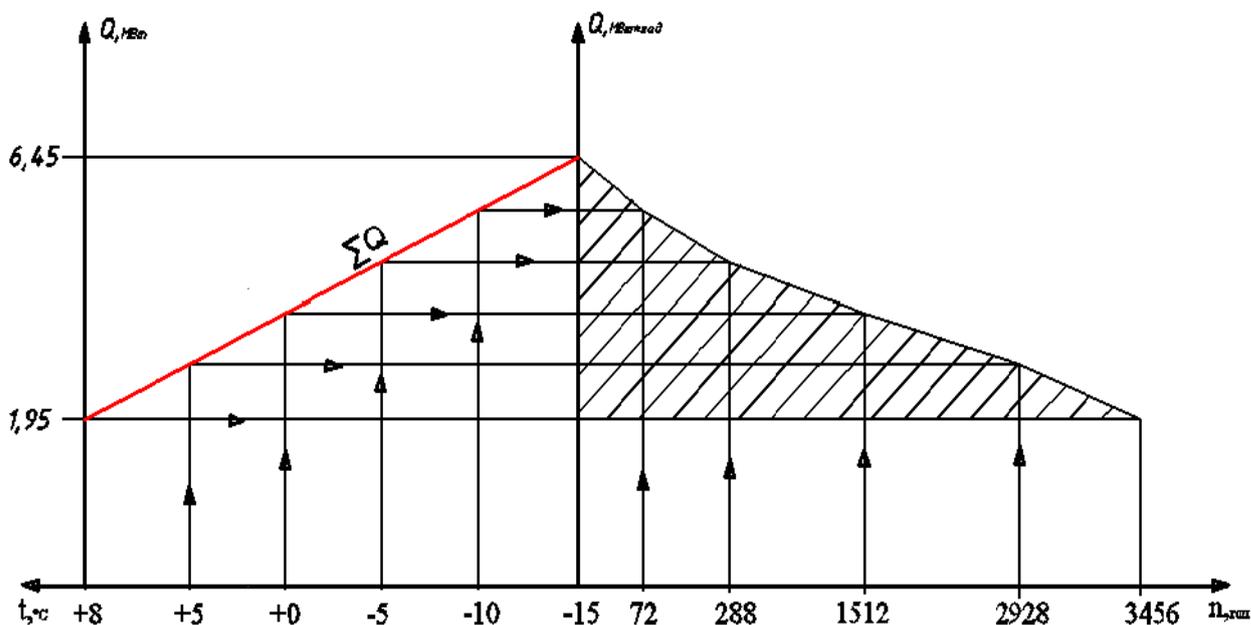


Рис.8. Графік витрати теплоти на опалення залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі, згідно фактичних температур за опалювальний період 2023/24 років

Згідно графіку, ми бачимо, що розрахункова кількість витрати теплоти на опалення складає 10318 МВт*год, тоді як фактично, згідно даних підприємства, на потреби опалення мікрорайону, корисний відпуск становить 12076 МВт*год.

З наведених вище графіків витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання залежно від тривалості стояння температур зовнішнього повітря у м.Гадячі, згідно фактичних температур за опалювальний період 2023/24 років, а також на опалення окремо, видно, що для постачання гарячої води, яка відповідає 60°C , котельня працює за температурним графіком зі «зрізкою». В період

«зрізки», тобто при температурах зовнішнього повітря від +8°C до температури в точці «зламу», згідно фактичних даних котельні, +1°C, виникають так звані «перетопи», пов'язані з тим, що різниця температур по графіку зі «зрізкою» залишається незмінною, в той час як по опалювальному графіку вона повинна зменшуватись при підвищенні температури зовнішнього повітря [18]. Виникнення «перетопів» призводить до збільшення відпуску теплоти, яке не має джерел покриття. Обсяг надлишкової теплоти, яка використана при гарячому водопостачанню становить 1300 МВт-год, або 222,4 тис.м3 природного газу, що в грошову еквіваленті відповідає 2 572,5 тис.грн (середня вартість спожитого природного газу, з урахуванням послуг з транспортування та розподілу за жовтень 2024 року складає 11 567,50 грн за тис.м3 (з ПДВ)).

Загальна сума нарахування за гаряче водопостачання споживачам котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч за опалювальний період 2023/24 років становить 117,1 тис.грн., за 2022/23 роки - 127,2 тис.грн; за 2021/22 роки - 177,0 тис.грн. Згідно наведених даних спостерігається тенденція до зменшення суми нарахувань, що супроводжується відключенням споживачів від мереж гарячого водопостачання, або облаштуванням у своїх приміщеннях електричних водонагрівачів, і , як наслідок, зменшення споживання послуг з постачання гарячої води.

Таким чином, враховуючи вищевикладене, доцільно відмовитися від надання послуг з постачання гарячої води споживачам котельні по вул. Полтавська, 19 а. Це дозволить знизити збитковість підприємства та покращити якість послуг з постачання теплової енергії. Так, при відмові від гарячого водопостачання, котельня буде працювати за температурним графіком для опалення «без зрізки», що дозволить зменшити витрати теплоти та природного газу, як на послуги гарячого водопостачання так і на надлишкову теплоту:

- згідно нормативних даних на 3726,1 МВт*год, витрати на 544,9 тис.м3 відповідно або 6302,9 тис.грн;

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- згідно фактичних температур зовнішнього повітря за опалювальний період 2023/24 років по м.Гадяч на 2820,6 МВт*год, на 412,5 тис.м3 відповідно або 4 771,4 тис.грн.

2.5. Річні витрати теплоти.

Річні витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання можна розрахувати аналітично за формулами.

$$Q_{pich} = Q_0^{pich} + Q_{2.6}^{pich} \quad (2.8)$$

де,

Q_0^{pich} ; $Q_{2.6}^{pich}$ - річні витрати на опалення та гаряче водопостачання, Гкал

Річні витрати на опалення розраховуємо за формулою:

$$Q_0^{pich} = Q_0^{cp} * 3,600 * n_o, \text{ ГДж} \quad (2.9)$$

де

Q_0^{cp} - середня витрата теплоти на опалення МВт;

n_o - фактична тривалість опалювального періоду 2023/24 років при температурі нижче +8°C, год.

Середньогодинна витрати тепла на опалювальний період:

$$Q_0^{cp} = Q_o * \frac{(t_b - t_o)}{(t_n - t_{3.o})}, \text{ МВт} \quad (2.10)$$

де,

Q_o - розрахункова годинна витрата теплоти на опалення, МВт;

t_o середня зовнішня температура за опалювальний період, °C.

Визначаю річні витрати теплоти на опалення за нормативними даними:

$$Q_0^{cp} = 7,43 * \frac{(18 - (-0,7))}{(18 - (-23))} = 3,39 \text{ МВт}$$

$$Q_0^{pich} = 3,39 * 3,6 * 4488 = 54772 \text{ ГДж або } 13091 \text{ Гкал або } 15225 \text{ МВт*год}$$

Визначаю річні витрати теплоти на опалення за фактичними даними котельні по вул. Полтавська, 19 а за опалювальний період 2023/24 років:

$$Q_0^{cp} = 6,45 * \frac{(18 - (-0,7))}{(18 - (-23))} = 2,94 \text{ МВт}$$

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$Q_0^{річ} = 2,94 * 3,6 * 3456 = 36578 \text{ГДж або } 8742 \text{ Гкал або } 10165 \text{ МВт}$$

Річна витрата тепла на гаряче водопостачання

$$Q_{0_{г.б}}^{річ} = Q_0^{ср} * 3,600 * n_o, \text{ ГДж} \quad (2.11)$$

Визначаю річні витрати теплоти на гаряче водопостачання при плановій тривалості опалювального періоду 4488 годин:

$$Q_{0_{г.б}}^{річ} = 0,44 * 3,600 * 4\,488 = 7109 \text{ ГДж, або } 1670 \text{ Гкал або } 1942 \text{ МВт*год.}$$

Визначаю річні витрати теплоти на гаряче водопостачання при фактичній тривалості опалювального періоду 3456 годин:

$$Q_{0_{г.б}}^{річ} = 0,44 * 3,600 * 3456 = 5474 \text{ ГДж, або } 1307 \text{ Гкал або } 1520 \text{ МВт*год.}$$

Визначаю загальні річні витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання за нормативними даними:

$$Q_{річ} = 61881 \text{ГДж або } 14761 \text{ Гкал або } 17167 \text{ МВт * год}$$

Визначаю річні витрати теплоти на опалення та гаряче водопостачання за фактичними даними котельні по вул. Полтавська, 19 а за опалювальний період 2023/24 років:

$$Q_{річ} = 42052 \text{ ГДж або } 10049 \text{ Гкал або } 11685 \text{ МВт*год}$$

					д6НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3. ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ МЕРЕЖАМИ.

3.1. Схеми теплопостачання та трасування теплових мереж.

Розвиток систем теплопостачання населених пунктів, районів та інших адміністративно-територіальних утворень здійснюється згідно зі схемами теплопостачання, затвердженими місцевими органами виконавчої влади у встановленому порядку.

Схема теплопостачання має вибиратися на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням оптимального поєднання систем централізованого, помірно-централізованого, децентралізованого та автономного теплопостачання.

Рекомендована схема теплопостачання повинна включати аналіз стану існуючої системи теплопостачання та заходи максимально ефективного її використання, а також визначати її розвиток з урахуванням приросту населення та перспективної забудови міста.

При розробленні схеми теплопостачання визначають потребу в тепловій енергії:

а) для існуючої забудови населеного пункту та діючих промислових підприємств і організацій – за проектними даними з уточненням за фактичними тепловими навантаженнями;

б) для перспективної забудови житлових районів – за питомими тепловими характеристиками будівель і споруд відповідно до генерального плану забудови населеного пункту;

в) для нового будівництва промислових підприємств – згідно з проектною документацією та чинними галузевими нормами щодо питомих теплових характеристик відповідного будівельного об'єкта.

Схема теплопостачання включає наступні додатки:

аналіз стану існуючої системи теплопостачання;

аналіз потреби міста (району) в тепловій енергії на розрахунковий період;

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

пропозиції з впровадження заходів щодо модернізації і реконструкції існуючих джерел теплової енергії та теплових мереж з метою їх оптимальної роботи та ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів;

рекомендації щодо теплопостачання міста (району) на розрахунковий період за можливими варіантами з використанням місцевих видів палива, нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії;

аналіз можливих варіантів схем теплопостачання міста з точки зору зменшення викидів забруднюючих речовин від джерел теплопостачання в навколишнє середовище;

гідравлічні розрахунки теплових мереж;

розрахункову схему теплових мереж.

Вибір рішення з теплопостачання при декількох можливих варіантах схеми теплопостачання повинен проводитись з урахуванням:

максимального використання існуючої системи теплопостачання та заходів щодо її модернізації;

надійного забезпечення джерел теплової енергії паливно-енергетичними ресурсами та водою;

вибору місця розташування нових джерел теплової енергії, прокладання теплових мереж та їх резервування.

Трасу та спосіб прокладання теплової мережі слід проектувати згідно з цими Нормами, ДБН В.2.5-22, ДСТУ-Н Б В.2.5-35 та іншими нормативними документами з урахуванням методик виробника та постачальника елементів теплової мережі [3].

Трасування інженерних мереж визначає їхній напрямок на плані міста і починається з магістральних мереж. Їх зображення робить істотний вплив на побудову розподільчих мереж, на їх протяжність і надійність подачі тепла споживачам [26].

За способом прокладання теплової мережі класифікуються на підземні та надземні. Переважаючим способом прокладання є підземне в прохідних, напівпровідних та непрохідних каналах

					<i>дБНТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Магістральні теплові мережі поділяються на тупикові мережі й кільцеві. Кільцеві мережі є більш ефективними та надійними, оскільки у них швидше вирівнюються втрати тиску, що виникають при різному навантаженні системи теплопостачання, в тому числі при ремонті окремих ділянок або аваріях на них [26].

Всі ці вимоги необхідно при прийнятті рішення, щодо схеми теплопостачання, яке ґрунтується на економічній доцільності і господарській необхідності проектування й будівництва нових, розширення й реконструкції існуючих джерел теплової енергії і теплових мереж.

3.2. Розрахунок витрат теплоносія на потреби опалення та постачання гарячої води

Витрати теплоносія для окремих ділянок магістральної теплової мережі розраховуються за допомогою формули

$$G_p = G_{op} + G_{zv}, \quad (3.1)$$

де G_{op} ; G_{zv} ; – відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення та гаряче водопостачання.

Розрахункові витрати теплоносія на опалення, розраховуються за формулою [9].

$$G_{op} = \frac{Q_{op}^p * 10^3}{(t_1 - t_2)}, \text{ т/ГОД} \quad (3.2)$$

де Q_{op}^p - розрахункове теплове навантаження на опалення, МВт;

t_1 ; t_2 - розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, °С.

На гаряче водопостачання розрахункові витрати теплоносія визначаються наступним чином [7]:

$$G_{zv} = \frac{Q_{zv}^p * 10^3}{(t_1 - t_2)}, \text{ т/ГОД} \quad (3.3)$$

					06НТ.11393819.МР	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_{28}^p – розрахункове теплове навантаження на гаряче водопостачання, кВт;
 t_1 ; t_2 - розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, °С.

Враховуючи те, що транспортування теплоносія для опалення та постачання гарячої води здійснюється по двотрубних теплових мережах закритої системи теплопостачання, то його обсяг визначається, виходячи із сумарного розрахункового теплового навантаження на теплову мережі по ГВП та ЦО і розраховується за формулою:

$$G_T = \frac{(Q_{оп}^p + Q_{28}^p) * 10^3}{(t_1 - t_2)}, \text{ т/год} \quad (3.4)$$

Для прикладу проведемо розрахунок витрат теплоносія на ділянках:

- вул. Драгоманова 2 – ТК10

$$G_T = \frac{(75,475+0) * 10^3}{(95-70)} = 3,019 \text{ т/год}$$

- вул. Героїв Чорнобиля, 2 –ТК 53

$$G_T = \frac{(119,946+11,290) * 10^3}{(95-70)} = 5,249 \text{ т/год}$$

- вул. Шевченка, 5 –ТК 9

$$G_T = \frac{(35,579+0) * 10^3}{(95-70)} = 1,423 \text{ т/год}$$

Дані розрахунків теплоносія наведені в таблиці 10.

Таблиця 10. Розрахунок витрат теплоносія по котельні по вул. Полтавська, 19 у м.Гадяч

Назва ділянки	Розрахункове теплове навантаження на теплову мережу по ГВП та ЦО, Мкал/год	Загальні витрати теплоносія на гаряче водопостачання та опалення по котельні, т/год
напрямок від вул. Полтавська, 44 до котельні по вул. Полтавська, 19 а		
вул. Полтавська,44 (ввод 1)-ТК31	82,798	3,312
вул. Полтавська, 44 (ввод 2)-ТК31	82,798	3,312

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

TK32-TK31	165,595	6,624
вул. Полтавська,44 (ввод 3) - TK31	82,798	3,312
TK31-TK30	248,393	9,936
вул. Полтавська, 44(ввод)5-TK56	82,798	3,312
вул.Полтавська,44 (ввод 4)-TK56	82,798	3,312
TK56т-TK30	165,595	6,624
TK30-ТП44-TK29т-TK21т-TK22	413,988	16,560
вул. Полтавська, 44/1 -TK22	2,297	0,092
TK22т-TK23т-TK24т-TK25т-TK26	416,284	16,651
вул. Полтавська, 35 -TK26	250,192	10,008
TK26т-TK27т	666,476	26,659
вул. Полтавська, 39 (ввод 1) -TK27т	105,947	4,238
TK27т-TK28т	772,423	30,897
вул. Полтавська, 39 (ввод 2)-TK28т	105,947	4,238
TK28т-TK15	878,370	35,135
вул.Драгоманова, 22 (ввод 1)-TK15	263,809	10,552
TK15-TK14	1 142,179	45,687
вул.Драгоманова, 22 (ввод 2)-TK14	263,809	10,552
TK14-TK13	1 405,987	56,239
вул.Драгоманова, 16 -TK13	415,655	16,626
TK13-TK16	1 821,643	72,866
вул.Драгоманова, 8-TK25-TK16	12,536	0,501
TK16-TK12	1 834,179	73,367
вул.Драгоманова, 6 -TK23 - TK12	44,174	1,767
вул.Драгоманова, 4 -TK12	56,903	2,276
TK12-TK10	1 935,256	77,410
вул.Драгоманова, 2-TK10	75,474	3,019
TK11-TK10	2 010,730	80,429
вул.Шевченка, 9 - TK26 -TK10	168,705	6,748
вул.Шевченка, 11 - TK10	203,921	8,157
TK10-TK9	2 383,356	95,334
вул.Шевченка,5-TK9	35,579	1,423
TK9-TK8	2 418,934	96,757
пл.Соборна, 21 - TK29 - TK28	23,274	0,931

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

пл.Соборна, 9- ТК - ТК28	234,896	9,396
ТК28-ТК50	258,170	10,327
пл.Соборна, 9б -ТК50	32,586	1,303
ТК50 - ТК8	290,755	11,630
ТК8 - ТК7	2 709,689	108,388
вул.Шевченка, 12 -ТК56А	9,915	0,397
вул.Шевченка, 14 -ТК56А	6,599	0,264
ТК56А-ТК56-ТК55	16,514	0,661
вул.Гадяцького Договору, 8-ТК55	7,444	0,298
ТК55-ТК7	23,959	0,958
вул.Шевченка, 10-ТК5	156,888	6,276
ТК7-ТК6-ТК5	2 890,536	115,621
вул.Шевченка,38 -ТК5	206,284	8,251
вул.Шевченка, 34-вул.Шевченка,32	199,943	7,998
вул.Шевченка, 32-ТК5	191,316	7,653
ТК21-ТК5	597,543	23,902
ТК5-ТК57	3 488,078	139,523
вул.Полтавська,17 - ТК4	183,886	7,355
ТК57-ТК4	3 671,964	146,879
вул. Полтавська, 22-ТК-ТК60	135,335	5,413
вул.Полтавська, 23 а-ТК60	1,947	0,078
ТК60-ТК19-ТК18	137,283	5,491
вул.Шевченка,36-ТК18	228,079	9,123
ТК18-ТК17	365,362	14,614
вул.Полтавська, 23-ТК17	184,849	7,394
ТК17-ТК4	550,211	22,008
ТК4-ТК3	4 222,175	168,887
вул.Полтавська, 13-ТК3	208,629	8,345
вул. Полтавська. 17а -ТК3	211,952	8,478
ТК3-ТК2	4 642,757	185,710
разом по напрямку	4 642,757	185,710

напрямок від вул.Героїв Майдану,7 до котельні по вул. Полтавська, 19 а

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

вул.Героїв Майдану,7 - ТК41 -ТК59-ТК40	66,682	2,667
вул. Героїв Майдану, 5-ТК40	21,429	0,857
ТК40-ТК39	88,111	3,524
вул.Героїв Майдану,3 -ТК58-ТК39	31,244	1,250
ТК39-ТК38	119,354	4,774
вул.Русанівська, 2-ТК44-ТК38	43,069	1,723
ТК38-ТК37	162,423	6,497
вул.Героїв Майдану, 4-ТК43-ТК42	39,833	1,593
вул.Героїв Майдану, 2-ТК42	63,888	2,556
ТК42-ТК37	103,721	4,149
ТК37-ТК36-Т36А-ТК35	266,144	10,646
вул.Полтавська, 3а-ТК35	3,032	0,121
ТК35-ТК24-вул.Гетьманська,62	269,176	10,767
вул.Гетьманська,62-вул.Гетьманська, 58	353,518	14,141
вул.Гетьманська, 58-ТК33	467,691	18,708
пл.Миру, 11 - пл.Миру, 11а	148,159	5,926
пл.Миру, 11а -ТК33	310,979	12,439
ТК33- вул.Гетьманська, 49	778,670	31,147
вул.Гетьманська, 49-вул.Гетьманська, 47	906,873	36,275
вул.Гетьманська, 47-ТК32	1 047,157	41,886
вул.Гетьманська,31-ТК34	25,052	1,002
вул.Гетьманська,35-ТК34	230,478	9,219
ТК34-ТК32	255,530	10,221
ТК32-ТК31	1 302,687	52,107
вул.Гетьманська,45ТК31	210,303	8,412
ТК31-ТК30	1 512,990	60,520
пл.Миру, 19-ТК30	201,616	8,065
ТК30-ТК2	1 714,606	68,584
разом по напрямку	1 714,606	68,584
напрямок від вул.Юрія Немирича,7 до котельні по вул. Полтавська, 19 а		
вул.Юрія Немирича, 5-ТК52	42,836	1,713
вул.Юрія Немирича, 3-ТК52	47,106	1,884

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

TK52-ТП	89,942	3,598
вул.Юрія Немирича, 7-ТП	137,153	5,486
вул.Героїв Чорнобиля, 5-Х1	30,135	1,205
вул.Героїв Чорнобиля, 3 -Х1	31,449	1,258
Х1-ТК51	61,584	2,463
вул.Західна, 2 (ввод 1) -Х2	19,658	0,786
вул.Західна, 2 (ввод 2) -Х2	19,658	0,786
Х2-Х3	39,315	1,573
вул.Героїв Чорнобиля, 1-Х3	39,259	1,570
Х3-ТК51	78,574	3,143
ТК51-ТП	140,158	5,606
вул.Західна,4-ТП	52,490	2,100
ТП-ТК53	419,743	16,790
вул.Героїв Чорнобиля,2 - ТК53	131,236	5,249
ТК53-ТК22	550,979	22,039
пл.Миру, 12-ТК22	362,418	14,497
ТК22-ТК2	913,397	36,536
разом по напрямку	913,397	36,536
ВСЬОГО	7 270,759	290,830

3.3. Гідравлічний розрахунок системи теплопостачання.

Гідравлічний розрахунок виконується з метою: визначення діаметрів мережеских трубопроводів; визначення падіння тиску (напору); визначення тиску (напорів) в різних точках мережі; узгодження всіх точок системи при статичному (коли рух теплоносія в мережі відсутній, а сама мережа повністю заповнена водою) та динамічному режимі з метою забезпечення допустимих тисків і напорів в мережі та абонентських системах [34].

Результати гідравлічного розрахунку необхідні для: визначення капіталовкладень, витрати матеріалу (труб) і основного об'єму робіт зі спорудження теплової мережі; установлення характеристик мережеских і підживлюваних насосів та їх кількості і розташування; з'ясування умов роботи теплової мережі і абонентських систем та вибір схем приєднання абонентських

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

установок до теплової мережі; вибір автоматичних регуляторів для теплової мережі і абонентських вводів; розробка режимів експлуатації елементів системи теплопостачання [14].

Проведення гідравлічного розрахунку розпочинають із поділу магістральної мережі на окремі ділянки, на яких змінюється теплове навантаження та визначаються діаметри трубопроводів, які забезпечували б оптимальні перепади тиску на вказаних ділянках. Першочергово розрахунок втрат тиску та визначення діаметрів проводиться для магістральної мережі по ділянках від джерела теплоти до найбільш віддаленого споживача, у нашому випадку розрахунки спочатку проведені по трьох основних напрямках, а потім по додаткових - по відгалуженнях на кожному з напрямків.

При виконанні гідравлічного розрахунку теплових мереж використано довідник проектувальника під редакцією А.А.Ніколаєва, зокрема дані таблиці 3.11. При складанні даної таблиці була врахована еквівалентна шорсткість труб $k_e = 0,5$ мм, питома вага води $\gamma = 958,4$ кгс/м³; кінетична в'язкість води $\nu = 0,295 \cdot 10^{-6}$ м²/сек.

За відомими витратами теплоносія, для відповідної ділянки, використовуючи рекомендовані величини питомих втрат тиску ΔR , Па/м та швидкість руху теплоносія ω , м/с, визначаю діаметри трубопроводу d , мм, та фактичні втрати тиску на відповідній ділянці тепломережі ΔP , та від джерела теплопостачання до дальнього споживача в цілому. При цьому згідно нормативно довідникової літератури, з метою визначення оптимальних діаметрів трубопроводів для відповідної витрати теплоносія, необхідно враховувати наступне: швидкість руху води не повинна бути більшою ω , м/с 2,0 м/с; питомі втрати тиску знаходяться у межах 10-15 кгс/м³.

Визначивши діаметри трубопроводів, розраховую повні втрати тиску на ділянках головної магістралі і сумарні по всій її довжині.

Втрати тиску у трубі ΔP складаються з лінійних втрат тиску та місцевих втрат на елементах трубопровідних систем ΔP_m , та визначаються за формулою [9],

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}, \text{ Па} \quad (3.5)$$

До лінійних втрат тиску відносяться втрати тиску на тертя у трубі, вони залежать від режиму руху потоку, температури та витрати води, а також від шорсткості стінки та діаметра труби. Втрати тиску на тертя визначають за формулою[33],

$$\Delta P_{\text{л}} = R * L, \text{ Па} \quad (3.6)$$

де, де R - питомі втрати тиску, що визначаються за формулою

$$R = \frac{\lambda}{d} * \frac{\rho * \omega^2}{2}, \text{ Па/м} \quad (3.7)$$

λ - коефіцієнт гідравлічного тертя; d - внутрішній діаметр трубопроводу, м; ρ - густина теплоносія, кг/м³; ω - швидкість руху теплоносія, м/с; L - довжина трубопроводу, м.

При розрахунках лінійних втрат тиску на ділянці теплової мережі питомі витрати тиску R, визначені за таблицею 9.11 довідника А.А.Ніколаєва. Враховуючи те, що еквівалентна шорсткість труб відрізняється від табличного значення $k_e = 0,5$ мм, то застосовано, коефіцієнт $\beta = 0,9$ для перерахунку питомої втрати тиску на тертя (лінійної втрати) згідно таблиці 3,15 довідника А.А.Ніколаєва. Фактичні довжини ділянок визначені за генпланом з урахуванням масштабу.

До місцевих втрат тиску відносяться втрати на запірній та регулюючій арматурі, а також втрати на відводах, трійниках, переходах тощо. Втрати тиску на запірній та регулюючій арматурі визначаються на підставі її пропускної спроможності, наведеної в характеристиках арматури. Втрати тиску на відводах та переходах визначаються на підставі даних про коефіцієнти місцевих опорів цих елементів, отриманих в результаті гідравлічних випробувань [9].

Втрати тиску в місцевих опорах $\Delta P_{\text{м}}$ визначають за формулою,

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum \zeta * \frac{\rho * \omega^2}{2}, \text{ Па}, \quad (3.8)$$

де $\sum \zeta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Втрати тиску в місцевих опорах можуть бути також визначені за такою формулою

$$\Delta P_m = R * L_e, \text{ Па} \quad (3.9)$$

де, L_e - еквівалентна довжина місцевих опорів, яку визначають за формулою,

$$L_e = \sum \frac{\zeta * d}{\lambda}, \text{ м} \quad (3.10)$$

При відсутності даних про характер та кількість місцевих опорів на трубопроводах еквівалентну довжину можна визначити наближено за формулою:

$$L_e = a * L, \text{ м} \quad (3.11)$$

Де, a – коефіцієнт, який враховує частку втрати тиску в місцевих опорах по відношенню до втрат тиску на тертя, який можна визначити за даними таблиці 9.5.

Визначаю загальні втрати тиску на кожній окремій ділянці, шляхом додавання лінійних втрат і втрат місцевого опору ΔP , кПа, та сумарні втрати тиску від джерела теплоти $\sum \Delta P$, кПа.

За результатами дослідження, враховуючи розрахунковий початковий тиск від джерела тепlopостачання, який прийнятий при розрахунках 700 кПа; втрати тиску в котельні, прийняті на рівні фактичних, визначаю розрахунковий тиск в кінці кожної ділянки по подаючому та зворотному трубопроводах з урахуванням тиску, що втрачається у кінцевого споживача магістралі по якій проводиться розрахунок (у нашому випадку приймаємо 20кПа на будинок).

Далі виконується гідравлічний розрахунок відгалужень, пов'язуються втрати тиску в них з відповідними частинами головної магістралі (від точки поділу потоків до кінцевих споживачів).

Після проведення гідравлічного розрахунку головних мереж та відгалужень визначаю матеріальну характеристику для всієї мережі за формулою[11].

$$M = \sum_{i=1}^n d * l. \quad (3.12)$$

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Це основний показники, який характеризує ефективність централізованого теплопостачання. Він визначає можливий рівень втрат теплоти при її передачі (транспортуванні) по теплових мережах і дозволяє встановити зону ефективного застосування централізованого теплопостачання. За результатами проведеного гідравлічного розрахунку системи теплопостачання котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м. Гадяч, отримуємо дані, які заносимо до таблиці 11.

					<i>д6НТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 11. Гідравлічний розрахунок системи теплостачання котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч (згідно розрахункових діаметрів)

номер ділянки	Витрата теплоносія, М, т/год	Довжина ділянки, м	Швидкість руху теплоносія в трубі W м/с	Питом втрата тиску по довжині R при K екв.=0,5 Па/м	Діаметр труби D мм	Поправочний коефіцієнт до питомої втрати тиску	Втрати тиску на ділянці, ΔР кПа			Сума втрат тиску від джерел тепла, кПа ΣΔР	Початковий тиск, А кПа	Втрати тиску в котельні В кПа	Тиск в кінці ділянки, кПа	матеріальна характеристика, м²
							лінійні кПа	місцеві кПа	Всього кПа, ΔР					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль 1: Котельня по вулиці Полтавська-19 а - вул. Полтавська, 44														
Котельня-ТК1-ТК2	290,830	28	1,6	111	273*8	0,9	2,80	0,34	3,13	3,13	700	100	596,87	7,64
ТК2-ТК3	185,710	64	1,58	148	219*6	0,9	8,52	1,02	9,55	12,68			587,32	14,02
ТК3-ТК4	168,887	63	1,47	125	219*6	0,9	7,09	0,85	7,94	20,62			579,38	13,80
ТК4-ТК57	146,879	38	1,34	104	219*6	0,9	3,56	0,43	3,98	24,60			575,40	8,32
ТК57-ТК5	139,523	64	1,53	157	194*5	0,9	9,04	1,09	10,13	34,73			565,27	12,42
ТК5-ТК7	115,621	248	1,25	106	194*5	0,9	23,66	2,84	26,50	61,23			538,77	48,11
ТК7-ТК8	108,388	82	1,2	97,1	194*5	0,9	7,17	0,86	8,03	69,25			530,75	15,91
ТК8-ТК9	96,757	108	1,09	80,2	194*5	0,9	7,80	0,94	8,73	77,99			522,01	20,95
ТК9-ТК10	95,334	38	1,04	72,4	194*5	0,9	2,48	0,30	2,77	80,76			519,24	7,37
ТК10-ТК11	80,429	52	1,31	151	159*4,5	0,9	7,07	0,85	7,91	88,67			511,33	8,27
ТК11-ТК12	77,41	98	1,28	144	159*4,5	0,9	12,70	1,52	14,22	102,90			497,10	15,58
ТК12-ТК16	73,367	54	1,21	129	159*4,5	0,9	6,27	0,75	7,02	109,92			490,08	8,59
ТК16-ТК13	72,866	120	1,18	122	159*4,5	0,9	13,18	1,58	14,76	124,68			475,32	19,08
ТК13-ТК14	56,329	60	1,01	95,3	152*4,5	0,9	5,15	0,62	5,76	130,44			469,56	9,12
ТК14-ТК15	45,687	84	1,09	131	133*4	0,9	9,90	1,19	11,09	141,53			458,47	11,17
ТК15-ТК28(т)	35,135	3	0,83	75,8	133*4	0,9	0,20	0,02	0,23	141,76			458,24	0,40
ТК28(т)-ТК27(т)	30,897	140	0,73	59,5	133*4	0,9	7,50	0,90	8,40	150,16			449,84	18,62
ТК27(т)-ТК26(т)	26,659	60	1	147	108*4	0,9	7,94	0,95	8,89	159,05			440,95	6,48
ТК26(т)-ТК22(т)	16,651	73	0,88	148	89*3,5	0,9	9,72	1,17	10,89	169,94			430,06	6,50

TK22(Т)-TK30	16,56	161	0,88	148	89*3,5	0,9	21,45	2,57	24,02	193,96	406,04	14,33
TK30-TK31(Т)	9,936	18	0,78	145	76*3,5	0,9	2,35	0,28	2,63	196,59	403,41	1,37
TK31(Т) - TK32(Т)	6,624	34	0,51	63,1	76*3,5	0,9	1,93	0,23	2,16	198,75	401,25	2,58
<i>вул. Полтавська, 44</i>										20	381,25	
TK32(Т)-TK31(Т)	6,624	34	0,51	63,1	76*3,5	0,9	1,93	0,23	2,16	220,91	379,09	2,58
TK31(Т)- TK30(Т)	9,936	18	0,78	1,45	76*3,5	0,9	0,02	0,00	0,03	220,94	379,06	1,37
TK30- TK22 (Т)	16,56	161	0,88	148	89*3,5	0,9	21,45	2,57	24,02	244,96	355,04	14,33
TK22(Т) -TK 26 (Т)	16,651	73	0,88	148	89*3,5	0,9	9,72	1,17	10,89	255,85	344,15	6,50
TK26(Т)-TK27 (Т)	26,659	60	1	147	108*4	0,9	7,94	0,95	8,89	264,74	335,26	6,48
TK27(Т)-TK28 (Т)	30,897	140	0,73	59,5	133*4	0,9	7,50	0,90	8,40	273,14	326,86	18,62
TK28(Т) -TK15	35,135	3	0,83	75,8	133*4	0,9	0,20	0,02	0,23	273,37	326,63	0,40
TK15-TK14	45,687	84	1,09	131	133*4	0,9	9,90	1,19	11,09	284,46	315,54	11,17
TK14-TK13	56,329	60	1,01	95,3	152*4,5	0,9	5,15	0,62	5,76	290,22	309,78	9,12
TK13-TK16	72,866	120	1,18	122	159*4,5	0,9	13,18	1,58	14,76	304,98	295,02	19,08
TK 16-TK12	73,367	54	1,21	129	159*4,5	0,9	6,27	0,75	7,02	312,00	288,00	8,59
TK12-TK11	77,41	98	1,28	144	159*4,5	0,9	12,70	1,52	14,22	326,23	273,77	15,58
TK11-TK10	80,429	52	1,31	151	159*4,5	0,9	7,07	0,85	7,91	334,14	265,86	8,27
TK10-TK9	95,334	38	1,04	72,4	194*5	0,9	2,48	0,30	2,77	336,91	263,09	7,37
TK9-TK8	96,757	108	1,09	80,2	194*5	0,9	7,80	0,94	8,73	345,64	254,36	20,95
TK8-TK7	108,388	82	1,2	97,1	194*5	0,9	7,17	0,86	8,03	353,67	246,33	15,91
TK7-TK5	115,621	248	1,25	106	194*5	0,9	23,66	2,84	26,50	380,17	219,83	48,11
TK5-TK57	139,523	64	1,53	157	194*5	0,9	9,04	1,09	10,13	390,30	209,70	12,42
TK57-TK4	146,879	38	1,34	104	219*6	0,9	3,56	0,43	3,98	394,28	205,72	8,32
TK4-TK3	168,887	63	1,47	125	219*6	0,9	7,09	0,85	7,94	402,22	197,78	13,80
TK3-TK2	185,71	64	1,58	148	219*6	0,9	8,52	1,02	9,55	411,77	188,23	14,02
TK2-TK1-Котельня	290,83	28	1,6	111	219*6	0,9	2,80	0,34	3,13	414,90	185,10	7,64
Разом									394,90			541,25
<i>відгалуження від магістралі</i>												
TK4-TK17	22,008	89	0,81	97,7	108*4	0,9	7,83	0,94	8,76	8,76	570,62	9,61
TK17-TK18	14,614	35	0,82	130	89*3,5	0,9	4,10	0,49	4,59	13,35	566,03	3,12
TK18-TK60	5,491	26	0,43	45,4	76*3,5	0,9	1,06	0,13	1,19	14,54	564,84	1,98
TK60 - вул. Полтавська, 22	5,413	97	0,42	42,3	76*3,5	0,9	3,69	0,44	4,14	18,68	560,70	7,37

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

06НТ.11393819.МР

Арк.

55

<i>вул.Полтавська,22</i>											20	540,70	
вул. Полтавська, 22-ТК60	5,413	97	0,42	42,3	76*3,5	0,9	3,69	0,44	4,14	42,81		536,57	7,37
ТК60-ТК18	5,491	26	0,43	45,4	76*3,5	0,9	1,06	0,13	1,19	41,00		535,38	1,98
ТК18-ТК17	14,614	35	0,82	130	89*3,5	0,9	4,10	0,49	4,59	48,59		530,79	3,12
ТК17-ТК4	22,008	89	0,81	97,7	108*4	0,9	7,83	0,94	8,76	57,35		522,03	9,61
Разом									37,35				44,15
відгалуження від магістралі													
ТК8-ТК50	11,63	16	0,66	83,3	89*3,5	0,9	1,20	0,14	1,34	1,34		529,40	1,42
ТК50-ТК28	10,327	16	0,81	160	76*3,5	0,9	2,30	0,28	2,58	3,92		526,82	1,22
ТК28 - вул.Соборна,21	0,931	149	0,46	177	32*2,5	0,9	23,74	2,85	26,58	30,51		500,24	4,77
<i>вул.Соборна, 21</i>											20	480,24	
вул.Соборна, 21 - ТК28	0,931	149	0,46	177	32*2,5	0,9	23,74	2,85	26,58	77,09		453,65	4,77
ТК28-ТК50	10,327	16	0,81	160	76*3,5	0,9	2,30	0,28	2,58	79,67		451,07	1,22
ТК50-ТК8	11,63	16	0,66	83,3	89*3,5	0,9	1,20	0,14	1,34	81,02		449,73	1,42
Разом									61,02				14,82
магістраль 2: ТК2 - вул.Героїв Майдачу, 7													
ТК2-ТК30	68,584	55	1,26	149	152*4,5	0,9	7,38	0,89	8,26	8,26		588,61	8,36
ТК30-ТК31	60,250	32	1,08	109	152*4,5	0,9	3,14	0,38	3,52	11,78		585,09	4,86
ТК31-ТК32	52,107	49	1,23	167	152*4,5	0,9	7,36	0,88	8,25	20,02		576,84	7,45
ТК32-вул.Гетьманська,47	41,886	17	0,99	109	133*4	0,9	1,67	0,20	1,87	21,89		574,97	2,26
<i>вул.Гетьманська,47-</i>													
<i>вул.Гетьманська,49</i>	36,275	40	0,85	80,2	133*4	0,9	2,89	0,35	3,23	25,13		571,74	5,32
вул.Гетьманська,49-ТК33	31,147	60	0,73	59,5	133*4	0,9	3,21	0,39	3,60	28,72		568,14	7,98
ТК33-вул.Гетьманська,58	18,708	39	0,7	72,9	108*4	0,9	2,56	0,31	2,87	31,59		565,28	4,21
<i>вул.Гетьманська, 58 -</i>													
<i>вул.Гетьманська,62</i>	14,141	68	0,77	113	89*3,5	0,9	6,92	0,83	7,75	39,34		557,53	6,05
<i>вул.Гетьманська,62 -</i>													
<i>ТК35</i>	10,767	38	0,6	70	89*3,5	0,9	2,39	0,29	2,68	42,02		554,85	3,38
ТК35-ТК37	10,646	140	0,81	160	76*3,5	0,9	20,16	2,42	22,58	64,60		532,27	10,64
ТК37-ТК38	6,497	70	0,5	59,4	76*3,5	0,9	3,74	0,45	4,19	68,79		528,08	5,32
ТК38-ТК39	4,774	104	0,71	186	57*3,5	0,9	17,41	2,09	19,50	88,29		508,58	5,93
ТК39-ТК40	3,524	18	0,52	98,8	57*3,5	0,9	1,60	0,19	1,79	90,08		506,79	1,03
ТК40-ТК41	2,667	63	0,4	58,8	57*3,5	0,9	3,33	0,40	3,73	93,81		503,05	3,59

<i>вул. Героїв Майдану, 7</i>													
TK41-TK41	2667	63	0,4	58,8	57*3,5	0,9	3,33	0,40	3,73	117,55	20	479,32	3,59
TK40-TK39	3,524	18	0,52	98,8	57*3,5	0,9	1,60	0,19	1,79	119,34		477,53	1,03
TK39-TK38	4,774	104	0,71	186	57*3,5	0,9	17,41	2,09	19,50	138,84		458,03	5,93
TK38-TK37	6,497	70	0,5	59,4	76*3,5	0,9	3,74	0,45	4,19	143,03		453,84	5,32
TK37-TK35	10,646	140	0,81	160	76*3,5	0,9	20,16	2,42	22,58	165,61		431,26	10,64
TK35-вул.Гетьманська,62	10,767	38	0,6	70	89*3,5	0,9	2,39	0,29	2,68	168,29		428,58	3,38
вул.Гетьманська,62-													
вул.Гетьманська,58	14,141	68	0,77	113	89*3,5	0,9	6,92	0,83	7,75	176,04		420,83	6,05
вул.Гетьманська,58-TK33	18,708	39	0,7	72,9	108*4	0,9	2,56	0,31	2,87	178,90		417,97	4,21
TK33-вул.Гетьманська, 49	31,147	60	0,73	59,5	133*4	0,9	3,21	0,39	3,60	182,50		414,37	7,98
вул.Гетьманська, 49-													
вул.Гетьманська, 47	36,275	40	0,85	80,2	133*4	0,9	2,89	0,35	3,23	185,73		411,13	5,32
вул.Гетьманська, 4-TK32	41,886	17	0,99	109	133*4	0,9	1,67	0,20	1,87	187,60		409,27	2,26
TK32-TK31	52,107	49	1,23	167	152*4,5	0,9	7,36	0,88	8,25	195,85		401,02	7,45
TK31-TK30	60,25	32	1,08	109	152*4,5	0,9	3,14	0,38	3,52	199,37		397,50	4,86
TK30-TK2	68,584	55	1,26	149	152*4,5	0,9	7,38	0,89	8,26	207,63		389,24	8,36
Разом									187,63				152,77
<i>відгалуження від магістралі</i>													
TK33-пл.Миру, 11а	12,439	63	0,69	90,4	89*3,5	0,9	5,13	0,62	5,74	5,74		562,40	5,61
пл.Миру, 11 –													
пл.Миру, 11	5,926	24	0,47	52,2	76*3,5	0,9	1,13	0,14	1,26	7,00	20	561,14	1,82
пл.Миру, 11												541,14	
пл.Миру, 11-													
пл.Миру, 11 а.	5,926	24	0,47	52,2	76*3,5	0,9	1,13	0,14	1,26	28,27		539,88	1,82
пл.Миру, 11 а -TK33	12,439	63	0,69	90,4	89*3,5	0,9	5,13	0,62	5,74	34,01		534,13	5,61
Разом									14,01				14,86
магістраль 3: ТК2 - вул.Юрія Немирича, 5													
TK2-TK22	36,536	95	0,85	80,2	133*4	0,9	6,86	0,82	7,68	7,68		589,19	12,64
TK22-TK53	22,039	17	0,81	97,7	108*4	0,9	1,49	0,18	1,67	9,35		587,51	1,84
TK53-ТП	16,790	56	0,93	16,7	89*3,5	0,9	0,84	0,10	0,94	10,30		586,57	4,98

ТП-ТК52	3,598	39	0,53	104	57*3,5	0,9	3,65	0,44	4,09	14,39	582,48	2,22
ТК52-вул. Юрія Немирича, 5	1,713	62	0,4	82,1	44,5*2,5	0,9	4,58	0,55	5,13	19,52	577,35	2,76
<i>вул.Юрія Немирича,5</i>										20	557,35	
вул.Юрія Немирича, 5 - ТК52	1,713	62	0,4	82,1	44,5*2,5	0,9	4,58	0,55	5,13	44,65	552,22	2,76
ТК52-ПП	3,598	39	0,53	104	57*3,5	0,9	3,65	0,44	4,09	48,74	548,13	2,22
ТП-ТК53	16,79	56	0,93	16,7	89*3,5	0,9	0,84	0,10	0,94	49,68	547,19	4,98
ТК53-ТК22	22,039	17	0,81	97,7	108*4	0,9	1,49	0,18	1,67	51,35	545,51	1,84
ТК22-ТК2	36,536	95	0,85	80,2	133*4	0,9	6,86	0,82	7,68	59,03	537,83	12,64
Разом									39,03			48,87
<i>відгалуження від магістралі</i>												
ТП-ТК51	5,606	42	0,43	45,4	76*3,5	0,9	1,72	0,21	1,92	1,92	584,65	3,19
ТК51-вул.Героїв Чорнобиля,3	2,463	30	0,58	166	45*2,5	0,9	4,48	0,54	5,02	6,94	579,63	1,35
вул.Героїв Чорнобиля,3-вул.Героїв Чорнобиля,5	1,205	32	0,41	107	38*2,5	0,9	3,08	0,37	3,45	10,39	576,18	1,22
<i>вул.Героїе Чорнобиля,5</i>										20	556,18	
вул.Героїв Чорнобиля,5 - вул. Героїв Чорнобиля,3	1,205	32	0,41	107	38*2,5	0,9	3,08	0,37	3,45	33,84	552,73	1,22
вул.Героїв Чорнобиля,3 - вул.Героїв Чорнобиля,3 - ТК51	2,463	30	0,58	166	45,*2,5	0,9	4,48	0,54	5,02	38,86	547,71	1,35
ТК51-ПП	5,606	42	0,43	45,4	76*3,5	0,9	1,72	0,21	1,92	40,79	545,78	3,19
Разом									20,79			11,52
ВСЬОГО												828,23

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

д6НТ.11393819.МР

Арк.

58

Неув'язка втрат тиску по паралельних гілках теплової мережі не повинна бути більшою ніж 10%. Тому, при великих неув'язках на трубопроводах відгалужень встановлюються дросельні шайби (діафрагми).

Установка дросельних шайб – корисний захід як для теплопостачальної організації, так і для споживача. Після їх встановлення обидві сторони взаємин змушені експлуатувати систему належним чином. Теплопостачальна організація – для забезпечення договірних параметрів теплоносія на межі балансової та експлуатаційної відповідальності сторін, а з боку абонента – для ефективного теплознімання з метою підтримки належної температури повітря у приміщеннях, а також дотримання температурного графіка щодо температури зворотного трубопроводу [35].

Розрахунок дросельної шайби виконується для визначення діаметра отвору діафрагми, яка на розрахунковій витраті води забезпечить задане зниження тиску

Дросельна шайба (діафрагма) — призначена для дроселювання надлишкового тиску в системах з постійним гідравлічним режимом і широко застосовувалася у теплових мережах для гідравлічного балансування

Діаметр дросельної діаграми визначаємо за формулою:

$$D = 10 \cdot (M^2 / \Delta P)^{0.25}, \text{ мм} \quad (3.13)$$

M – витрата води, м³/год; ΔP – падіння тиску на діафрагмі, м. вод. ст.

За результатами гідравлічного розрахунку перевіримо наявні магістралі на предмет перевищення втрати тиску, більш ніж на 10%.

Ув'язку втрат тиску перевіряємо за формулою [13],

$$f = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_2} \cdot 100, \% \leq 10\% \quad (3.14)$$

Відгалуження магістралі 2: ТК2-вул.Героїв Майдану, 7 від магістралі 1: Котельня –ТК2- вул. Полтавська, 44

$$f_1 = \frac{41,18 - 20,76}{41,18} \cdot 100 = 49,58 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$D = 10 * ((68,584)^2 / 20,42)^{0.25} = 38,96 \text{ мм}$$

Відгалуження магістралі 3: ТК2 - вул.Юрія Немирича,5 від магістралі 1:
Котельня –ТК2- вул. Полтавська, 44

$$f_2 = \frac{41,18-5,90}{41,18} * 100 = 85,7 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((36,536)^2 / 35,27)^{0.25} = 24,80 \text{ мм}$$

Згідно проведених розрахунків, у ТК 2 на магістралі 2 у напрямку до багатоквартирного будинку по вул. Героїв Майдану, 7 необхідно встановити дросельну шайбу діаметром 38,77 мм, на магістралі 3 у напрямку до багатоквартирного будинку по вул. Юрія Немирича, 5 необхідно встановити дросельну шайбу діаметром 24,80 мм.

Далі обчислюю похибку втрат тиску у відгалуження.

Магістраль1: котельня - вул. Полтавська,44

- відгалуження ТК4 – вул. Полтавська, 22

$$f_{1.1} = \frac{37,366-5,735}{37,366} * 100 = 84,2 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((22,008)^2 / 31,631)^{0.25} = 19,78 \text{ мм}$$

- відгалуження ТК8 – пл.Соборна, 21

$$f_{1.2} = \frac{27,639-8,102}{27,639} * 100 = 70,7 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((11,63)^2 / 19,537)^{0.25} = 16,22 \text{ мм}$$

Магістраль2: ТК2 –вул.Героїв Майдану,7

- відгалуження ТК33- пл.Миру, 11

$$f_{2.1} = \frac{3,844-4,079}{3,844} * 100 = 6,1 \%$$

Магістраль3: ТК2 – вул.Героїв Майдану,7

- відгалуження ТП - вул.Юрія Немирича, 5

$$f_{3.1} = \frac{15,318-3,401}{15,318} * 100 = 77,8 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$D = 10 * ((12,439)^2 / 11,917)^{0.25} = 18,98 \text{ мм}$$

За результатами проведених розрахунків, як бачимо, на всіх напрямках відгалужень від магістралей, з метою зниження тиску теплоносія, що йде з системи та належним розподілом теплоносія між споживачами, у відповідності до їх потреб, необхідно встановити дросельні шайби, розмір, яких було визначено вище.

Враховуючи те, що переважна більшість теплових мереж, прокладених від котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч фактично має вищі діаметри, ніж вибрані нами при проведенні гідравлічного розрахунку, а перекладання трубопроводів та, відповідно, заміна котельного обладнання, є довготривалим та дороговартісним процесом, на яке у підприємства відсутні кошти, з метою зниження втрат в теплових мережах та прийняття раціональних рішень, щодо покращення їх експлуатації, мною було проведено гідравлічний розрахунок теплових мереж при існуючих діаметрах трубопроводів системи теплопостачання.

Маючи фактичні діаметри теплових мереж, користуючись даними таблиці 9.11 довідника А.А.Ніколаєва, визначаємо швидкість теплоносія та питомі втрати тиску, які використовуються при розрахунках лінійних та місцевих втрат тиску на кожній ділянці тепломережі.

За аналогією до попереднього розрахунку визначаємо втрати тиску на кожній ділянці тепломережі, та сумарні втрати від джерела теплопостачання, результати яких відображаємо у таблиці 12 [9].

При розрахунку враховано фактичний початковий тиск перед котлом, який на момент проведення замірів склав 520 кПа, та фактичні втрати тиску по котельні, які відповідають 100 кПа. Таким чином, тиск теплоносія, відпущеного з котельні в подавальному трубопроводі дорівнює 420 кПа, тиск на вході в котельню у зворотному трубопроводі фактично складає 200 кПа, тоді як згідно гідравлічного розрахунку, проведеного виходячи із наявних діаметрів трубопроводів – 199,8 кПа, що наближено до проведеного розрахунку.

					<i>ДБНТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Крім того, при зняття показників лічильника, у приміщення де встановлені манометри, з метою контрольної перевірки, визначено фактичний тиск. Так у приміщенні будинку по вул. Шевченка, 5, фактичний тиск склав 378 кПа, що є наближеним до розрахункових даних, які наведені у таблиці 12.

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Таблиця 12. Гідравлічний розрахунок системи теплопостачання котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч (згідно фактичних діаметрів трубопроводів, прокладених від котельні)

номер ділянки	Витрата теплоносія, М, т/год	Довжина ділянки, м	Швидкість руху теплоносія в трубі, W м/с	Питома витрата теплоносія по довжині, R при К скв.=0,5 Па/м	Діаметр труби D мм	Поправочний коефіцієнт до питомих витрат теплоносія	Втрати тиску на ділянці, ДР кПа			Сума витрат тиску від джерела теплової енергії, кПа	Початковий тиск, кПа	Втрати тиску в котельні, кПа	Тиск в кінці ділянки, кПа	характеристика матеріалу на основі тиску
							лінійні кПа	місцеві кПа	Всього кПа, ДР					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
магістраль 1: Котельня по вулиці Полтавська-19 а - вул. Полтавська, 44														
Котельня-ТК1-ТК2	290,830	28	2,54	336	219*5	0,9	8,47	1,02	9,48	9,48	520	100	410,52	6,13
ТК2-ТК3	185,710	64	1,55	140	219*5	0,9	8,06	0,97	9,03	18,51			401,49	14,02
ТК3-ТК4	168,887	63	1,47	125	219*5	0,9	7,09	0,85	7,94	26,45			393,55	13,80
ТК4-ТК57	146,879	38	1,25	90,6	219*5	0,9	3,10	0,37	3,47	29,92			390,08	8,32
ТК57-ТК5	139,523	64	1,21	84,5	219*5	0,9	4,87	0,58	5,45	35,37			384,63	14,02
ТК5-ТК7	115,621	248	0,99	57	219*5	0,9	12,72	1,53	14,25	49,62			370,38	54,31
ТК7-ТК8	108,388	82	0,95	52,2	219*5	0,9	3,85	0,46	4,31	53,94			366,06	17,96
ТК8-ТК9	96,757	108	0,82	38,9	219*5	0,9	3,78	0,45	4,23	58,17			361,83	23,65
ТК9-ТК10	95,334	38	0,82	38,9	219*5	0,9	1,33	0,16	1,49	59,66			360,34	8,32
ТК10-ТК11	80,429	52	0,69	27,6	219*5	0,9	1,29	0,16	1,45	61,11			358,89	11,39
ТК11-ТК12	77,41	98	0,67	26,2	219*5	0,9	2,31	0,28	2,59	63,70			356,30	21,46
ТК12-ТК16	73,367	54	1,21	129	159*5	0,9	6,27	0,75	7,02	70,72			349,28	8,59
ТК16-ТК13	72,866	120	1,18	122	159*5	0,9	13,18	1,58	14,76	85,48			334,52	19,08
ТК13-ТК14	56,329	60	0,92	74	159*5	0,9	4,00	0,48	4,48	89,95			330,05	9,54
ТК14-ТК15	45,687	84	0,76	49,9	159*5	0,9	3,77	0,45	4,23	94,18			325,82	13,36
ТК15-ТК28(г)	35,135	3	0,57	28,9	159*5	0,9	0,08	0,01	0,09	94,26			325,74	0,48

TK28(Т)-TK27 (Т)	30,897	140	0,51	22,7	159*5	0,9	2,86	0,34	3,20	97,47		322,53	22,26
TK27(Т)-TK26(Т)	26,659	60	0,84	6,6	219*5	0,9	0,36	0,04	0,40	97,87		322,13	13,14
TK26(Т)- TK22(Т)	16,651	73	0,84	6,6	219*5	0,9	0,43	0,05	0,49	98,35		321,65	15,99
TK22(Т)-TK30	16,56	161	0,84	6,6	219*5	0,9	0,96	0,11	1,07	99,42		320,58	35,26
TK30-TK31(Т)	9,936	18	0,37	20,2	108*4,5	0,9	0,33	0,04	0,37	99,79		320,21	1,94
TK31(Т)- TK32(Т)	6,624	34	0,24	9	108*4,5	0,9	0,28	0,03	0,31	100,10		319,90	3,67
<i>вул. Полтавська, 44</i>													
TK32(Т)-TK31 (Т)	6,624	34	0,24	9	108*4,5	0,9	0,28	0,03	0,31	120,41	20	299,59	3,67
TK31(Т)- TK30(Т)	9,936	18	0,37	20,2	108*4,5	0,9	0,33	0,04	0,37	120,77		299,23	1,94
TK30- TK22 (Т)	16,56	161	0,84	6,6	219*5	0,9	0,96	0,11	1,07	121,85		298,15	35,26
TK22(Т) -TK 26 (Т)	16,651	73	0,84	6,6	219*5	0,9	0,43	0,05	0,49	122,33		297,67	15,99
TK26(Т)-TK27 (Т)	26,659	60	0,84	6,6	219*5	0,9	0,36	0,04	0,40	122,73		297,27	13,14
TK27(Т)-TK28 (Т)	30,897	140	0,51	22,7	159*5	0,9	2,86	0,34	3,20	125,93		294,07	22,26
TK28(Т) -TK15	35,135	3	0,57	28,9	159*5	0,9	0,08	0,01	0,09	126,02		293,98	0,48
TK15-TK14	45,687	84	0,76	49,9	159*5	0,9	3,77	0,45	4,23	130,25		289,75	13,36
TK14-TK13	56,329	60	0,92	74	159*5	0,9	4,00	0,48	4,48	134,72		285,28	9,54
TK13-TK16	72,866	120	1,18	122	159*5	0,9	13,18	1,58	14,76	149,48		270,52	19,08
TK 16-TK12	73,367	54	1,21	129	159*5	0,9	6,27	0,75	7,02	156,50		263,50	8,59
TK12-TK11	77,41	98	0,67	26,2	219*5	0,9	2,31	0,28	2,59	159,09		260,91	21,46
TK11-TK10	80,429	52	0,69	27,6	219*5	0,9	1,29	0,16	1,45	160,54		259,46	11,39
TK10-TK9	95,334	38	0,82	38,9	219*5	0,9	1,33	0,16	1,49	162,03		257,97	8,32
TK9-TK8	96,757	108	0,82	38,9	219*5	0,9	3,78	0,45	4,23	166,26		253,74	23,65
TK8-TK7	108,388	82	0,95	52,2	219*5	0,9	3,85	0,46	4,31	170,57		249,43	17,96
TK7-TK5	115,621	248	0,99	57	219*5	0,9	12,72	1,53	14,25	184,82		235,18	54,31
TK5-TK57	139,523	64	1,21	84,5	219*5	0,9	4,87	0,58	5,45	190,27		229,73	14,02
TK57-TK4	146,879	38	1,25	90,6	219*5	0,9	3,10	0,37	3,47	193,75		226,25	8,32
TK4-TK3	168,887	63	1,47	125	219*5	0,9	7,09	0,85	7,94	201,68		218,32	13,80
TK3-TK2	185,71	64	1,55	140	219*5	0,9	8,06	0,97	9,03	210,72		209,28	14,02
TK2-TK1-Котельня	290,83	28	2,54	336	219*5	0,9	8,47	1,02	9,48	220,20		199,80	6,10
Разом									200,20	220,20			673,33

від'яуження від магістралі

TK4-TK17	22,008	89	0,36	11,4	159*5	0,9	0,91	0,11	1,02	1,02	1,02	392,52	14,15
TK17-TK18	14,614	35	0,24	5,1	159*5	0,9	0,16	0,02	0,18	1,20	1,20	392,34	5,57
TK18-TK60	5,491	26	0,2	3,6	159*5	0,9	0,08	0,01	0,09	1,30	1,30	392,25	4,13
TK60 - вул. Полтавська, 22	5,413	97	0,19	5,7	108*4,5	0,9	0,50	0,06	0,56	1,85	1,85	391,69	10,48
вул. Полтавська, 22- TK60	5,413	97	0,19	5,7	108*4,5	0,9	0,50	0,06	0,56	22,41	22,41	371,14	10,48
TK60-TK18	5,491	26	0,2	3,6	159*5	0,9	0,08	0,01	0,09	22,51	22,51	371,04	4,13
TK18- TK17	14,614	35	0,24	5,1	159*5	0,9	0,16	0,02	0,18	22,69	22,69	370,86	5,57
TK17-TK4	22,008	89	0,36	11,4	159*5	0,9	0,91	0,11	1,02	23,71	23,71	369,84	14,15
Разом									3,71	23,71	23,71		68,65
відгалуження від магістралі													
TK8-TK50	11,63	16	0,22	4,6	150*4,5	0,9	0,07	0,01	0,07	0,07	0,07	365,99	2,40
TK50-TK28	10,327	16	0,22	4,6	150*4,5	0,9	0,07	0,01	0,07	0,15	0,15	365,91	2,40
TK28 - вул.Соборна,21	0,931	149	0,19	7,1	89*4	0,9	0,95	0,11	1,07	1,21	1,21	364,85	13,26
вул.Соборна, 21											20	344,85	
вул.Соборна, 21 - TK28	0,931	149	0,19	7,1	89*4	0,9	0,95	0,11	1,07	22,28	22,28	343,78	13,26
TK28-TK50	10,327	16	0,22	4,6	150*4,5	0,9	0,07	0,01	0,07	22,36	22,36	343,71	2,40
TK50-TK8	11,63	16	0,22	4,6	150*4,5	0,9	0,07	0,01	0,07	22,43	22,43	343,63	2,40
Разом									2,43	22,43	22,43		36,12
магістраль 2: ТК2 - вул.Героїв Майдану, 7													
TK2-TK30	68,584	55	0,59	19,9	219*5	0,9	0,99	0,12	1,10	1,10	1,10	364,81	12,05
TK30-TK31	60,250	32	0,52	15,5	219*5	0,9	0,45	0,05	0,50	1,60	1,60	364,31	7,01
TK31-TK32	52,107	49	0,45	11,7	219*5	0,9	0,52	0,06	0,58	2,18	2,18	363,73	10,73
TK32- вул.Гетьманська,47	41,886	17	0,46	14,2	159*5	0,9	0,22	0,03	0,24	2,42	2,42	363,49	2,70

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

д6НТ.11393819.МР

Арк.

65

вул.Гетьманська,47- вул.Гетьманська,49	36,275	40	0,57	28,9	159*5	0,9	1,04	0,12	1,17	3,59		362,32	6,36
вул.Гетьманська,49- ТК33	31,147	60	0,51	22,7	159*5	0,9	1,23	0,15	1,37	4,96		360,95	9,54
ТК33- вул.Гетьманська,58	18,708	39	0,45	22,3	133*4,5	0,9	0,78	0,09	0,88	5,84		360,07	5,19
вул.Гетьманська, 58 - вул.Гетьманська,62	14,141	68	0,77	11,3	89*3	0,9	0,69	0,08	0,77	6,61		359,30	6,05
вул.Гетьманська,62 - ТК35	10,767	38	0,2	3,6	159*5	0,9	0,12	0,01	0,14	6,75		359,16	6,04
ТК35-ТК37	10,646	140	0,2	3,6	159*5	0,9	0,45	0,05	0,51	7,26		358,65	22,26
ТК37-ТК38	6,497	70	0,16	2,8	133*4,5	0,9	0,18	0,02	0,20	7,46		358,46	9,31
ТК38-ТК39	4,774	104	0,37	33,4	76*3	0,9	3,13	0,38	3,50	10,96		354,95	7,90
ТК39-ТК40	3,524	18	0,27	18,2	76*3	0,9	0,29	0,04	0,33	11,29		354,62	1,37
ТК40-ТК41	2,667	63	0,21	11,1	76*3	0,9	0,63	0,08	0,70	11,99		353,92	4,79
вул.Героїв Майдану,7											20	353,92	0,00
ТК41-ТК41	2667	63	0,21	11,1	76*3	0,9	0,63	0,08	0,70	32,70		353,21	4,79
ТК40-ТК39	3,524	18	0,27	18,2	76*3	0,9	0,29	0,04	0,33	33,03		352,88	1,37
ТК39-ТК38	4,774	104	0,37	33,4	76*3	0,9	3,13	0,38	3,50	36,53		349,38	7,90
ТК38-ТК37	6,497	70	0,16	2,8	133*4,5	0,9	0,18	0,02	0,20	36,73		349,19	9,31
ТК37-ТК35	10,646	140	0,2	3,6	159*5	0,9	0,45	0,05	0,51	37,24		348,68	22,26
ТК35- вул.Гетьманська,62	10,767	38	0,2	3,6	159*5	0,9	0,12	0,01	0,14	37,37		348,54	6,04
вул.Гетьманська,62- вул.Гетьманська,58	14,141	68	0,77	11,3	89*3	0,9	0,69	0,08	0,77	38,15		347,77	6,05
вул.Гетьманська,58- ТК33	18,708	39	0,45	22,3	133*4,5	0,9	0,78	0,09	0,88	39,02		346,89	5,19
ТК33- вул.Гетьманська, 49	31,147	60	0,51	22,7	159*5	0,9	1,23	0,15	1,37	40,40		345,52	9,54

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

06НТ.11393819.МР

TK22- TK2	36,536	95	0,33	6,6	219*5	0,9	0,56	0,07	0,63	26,96	383,56	20,81
<i>Разом</i>									6,96	26,96		78,44
відгалуження від магістралі												
ТП-ТК51	5,606	42	0,43	45,4	76*3	0,9	1,72	0,21	1,92	1,92	405,90	3,19
ТК51-вул.Героїв Чорнобиля,3	2,463	30	0,37	50,4	57*3	0,9	1,36	0,16	1,52	3,45	404,37	1,71
вул.Героїв Чорнобиля,3-												
вул.Героїв Чорнобиля,5	1,205	32	0,18	13,4	57*3	0,9	0,39	0,05	0,43	3,88	403,94	1,82
<i>вул.Героїв Чорнобиля,5</i>											383,94	
вул.Героїв Чорнобиля,5 - вул. Героїв Чорнобиля,3	1,205	32	0,18	13,4	57*3	0,9	0,39	0,05	0,43	24,31	383,51	1,82
вул.Героїв Чорнобиля,3 -ТК51	2,463	30	0,37	50,4	57*3	0,9	1,36	0,16	1,52	25,83	381,99	1,71
ТК51-ТП	5,606	42	0,43	45,4	76*3	0,9	1,72	0,21	1,92	27,76	380,06	3,19
ВСЬОГО									250,03			1 110,47

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

д6НТ.11393819.МР

Арк.

67

За результатами гідравлічного розрахунку перевіримо наявні магістралі на предмет перевищення втрати тиску, більш ніж на 10%.

Ув'язку втрат тиску перевіряємо за формулою[13],

$$f = \frac{\Delta P_1 - \Delta P_2}{\Delta P_2} \cdot 100, \% \leq 10\% \quad (3.15)$$

Відгалуження магістралі 2: ТК2-вул.Героїв Майдану, 7 від магістралі 1: Котельня –ТК2- вул. Полтавська, 44

$$f_1 = \frac{22,020 - 4,399}{22,020} * 100 = 80,2 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((68,584)^2 / 17,621)^{0.25} = 40,42 \text{ мм}$$

Відгалуження магістралі 3: ТК2 - вул.Юрія Немирича,5 від магістралі 1: Котельня –ТК2- вул. Полтавська, 44

$$f_2 = \frac{22,020 - 2,696}{22,022} * 100 = 87,7 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((36,536)^2 / 19,324)^{0.25} = 28,43 \text{ мм}$$

Згідно проведених розрахунків, у ТК 2 на магістралі 2 у напрямку до багатоквартирного будинку по вул. Героїв Майдану, 7 необхідно встановити дросельну шайбу діаметром 40,42 мм; на магістралі 3 у напрямку до багатоквартирного будинку по вул. Юрія Немирича, 5 необхідно встановити дросельну шайбу діаметром 28,43 мм.

Далі обчислюю похибку втрат тиску у відгалуження.

Магістраль 1: котельня - вул. Полтавська, 44

- відгалуження ТК4 – вул. Полтавська, 22

$$f_{1.1} = \frac{16,729 - 2,371}{16,729} * 100 = 85,8 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((22,008)^2 / 14,358)^{0.25} = 24,1 \text{ мм}$$

- відгалуження ТК8 – пл.Соборна, 21

$$f_{1.2} = \frac{11,232 - 2,243}{11,232} * 100 = 80 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$D = 10 * ((11,63)^2 / 8,989)^{0.25} = 19,66 \text{ мм}$$

Магістраль2: ТК2 – вул.Героїв Майдану,7

- відгалуження ТК33- пл.Миру, 11

$$f_{2.1} = \frac{3,406 - 2,50}{3,406} * 100 = 26,6 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((12,439)^2 / 0,906)^{0.25} = 36,14 \text{ мм}$$

Магістраль3: ТК2 – вул.Героїв Майдану,7

- відгалуження ТП - вул.Юрія Немирича, 5

$$f_{2.1} = \frac{2,157 - 2,776}{2,157} * 100 = 28,7 \%$$

Визначаємо діаметр дросельної шайби:

$$D = 10 * ((5,606)^2 / 0,619)^{0.25} = 26,70 \text{ мм}$$

За результатами проведених розрахунків, як і при розрахункових діаметрах трубопроводів, на всіх напрямках відгалужень від магістралей необхідно встановити дросельні шайби, визначеного розміру. Це дасть можливість знизити надлишковий тиск у системі теплопостачання, стабілізувати тепловий потік та розподілити теплоносій між споживачами, у відповідності до їх потреб.

Порівнюючи дані гідравлічного розрахунку системи теплопостачання котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч (згідно фактичних діаметрів трубопроводів, прокладених від котельні), та гідравлічного розрахунку системи теплопостачання котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч (згідно розрахункових даних), ми бачимо, що фактичні діаметри теплових мереж, в переважній більшості, є вищими, ніж розрахункові, втрати тиску, відповідно навпаки нижчими, що призводить до збільшення втрат теплової енергії в теплових мережах. Одночасно, із збільшенням діаметрів спостерігається зростання матеріальної характеристики, що негативно характеризує ефективність системи теплопостачання, та відповідно потребує модернізації.

					<i>дБНТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

3.5. Побудова п'єзометричного графіку.

Згідно проведених гідравлічних розрахунків будують п'єзометричний графік, за допомогою якого можна визначити допустимі межі тисків та їх фактичні значення у всіх елементах системи. Графік тисків дає можливість визначити технічні характеристики обладнання для підтримки нормальних тисків у трубопроводах та інших елементах мережі з урахуванням рельєфу місцевості [23]. За допомогою п'єзометричного графіка можна визначити способи підключення до теплових мереж, що дозволить забезпечити споживачів безперервними, якісними послугами та уникнути аварійних ситуацій на мережах тепlopостачання. Графік тисків розробляють для статичного і динамічного режиму роботи мережі опалювального періоду [28].

Для усіх режимів роботи необхідно виконати наступні умови [13].

1. Тиск в абонентських уводах, які підключаються за залежною схемою, не повинен перевищувати допустимий рівень для опалювальних приладів: в системі опалення з чавунними радіаторами – 0,6 МПа (60 м вод.ст); зі стальними конвекторами – 1 МПа (100 м вод.ст)
2. Тиск в подавальному трубопроводі теплових мереж не може бути більшим за 16-20 ат. Обмеження стосується елементів самої системи мережі.
3. Тиск в будь якій точці подавального трубопроводу не може бути нижче (обмеження по мінімальному тиску) за величину тиску насичення при розрахунковій температурі води у цій точці. Це виключить можливість закипання мережевої води при її максимальній температурі у будь-якій точці подаючого трубопроводу, в обладнанні джерела теплоти і в приладах абонентів, які приєднуються за залежною схемою. Надлишковий тиск насичення який запобігає закипанню води в системі, при температурі теплоносія 95°C , не повинен бути нижчим 0,3 м.вод ст.
4. Тиск води у зворотному трубопроводі теплової мережі не може бути вищим (обмеження по максимальному тиску) :-
 - за умови незалежного приєднання систем опалення через теплообмінник - 10 ат;

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

- за умови залежного приєднання абонентських систем - 6...8 ат (залежно від виду опалювальних приладів) . Для чавунних опалювальних приладів – 6 ат.

5. Тиск води у будь якій точці зворотного трубопроводу не може бути меншим за величину барометричного тиску . Це означає, що лінія напору у зворотному трубопроводі не може перетинати профіль місцевості і висоту будівель, в яких системи опалення підключені за залежною схемою з урахуванням запасу 3.5 м. вод ст. Для перевірки додаємо до висоти будівлі з урахуванням профілю 3- 5 м і перевіряємо тиск у зворотному трубопроводі. Тиск у зворотному трубопроводі не повинен бути меншим за цю величину.

6. При будь-яких режимах теплоспоживання надлишковий тиск в будь– якій точці зворотного трубопроводу слід підтримувати не нижче 0,05 МПа (5м вод.ст.) для виключення підсмоктування повітря, спорожнювання трубопроводу і порушення циркуляції.

7. Для запобігання кавітації тиск на всмоктувальному патрубку мережевих і живильних насосів повинен бути не менше 0,05 МПа (5 м вод.ст.).

8. Тиск води у зворотному трубопроводі у місці входу до мережних насосів джерела енергії або ЦТП не повинен бути меншим за допустимий тиск кавітації (закипання води) для встановленого типу насосів. Допустимий тиск кавітації визначається згідно паспортних даних насосів.

9. 6. У вузлах підключення споживачів при використанні елеваторів наявний тиск на абонентському уводі (різниця тисків у падаючому і зворотному трубопроводах) повинен бути не менше 0,1 МПа (10 м вод.ст.). При наявності підігрівачів гарячого водопостачання, які підключені за двоступеневою схемою, наявний тиск необхідно підтримувати на рівні 0,2...0,25 МПа (20...25 м.вод.ст.).

10. Статичний тиск в системі теплопостачання не повинен перевищувати допущений для усіх елементів, забезпечуючи при цьому заповнення водою абонентських систем, які приєднуються за залежною схемою [28].

Графік тисків, у відповідності до праці П.М.Єніна, розробляється в такій послідовності [23].

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

- за початок координат приймається точка підключення мережних насосів;
- будується (в масштабі) профіль земної поверхні від джерела теплоти до найбільш віддаленого кінцевого споживача для магістралі та відгалужень;
- на профіль наносять висоти будівель у вузлових точках та в найбільш характерних, найнижчих та найвищих місцях тепломережі;
- під профілем схематично наноситься план теплової мережі;
- будується лінія статичного тиску, яка проходить на 5 м вище за найвищу будівлю, враховуючи рельєф; для цього фіксуються величина відміток траси і висота будинків – абонентів по лінії головного напрямку руху води (головна магістраль) і по лінії основних відгалужень - віддалених і завантажених. До висоти самого високого споживача (будівлі) добавляється 3....5 м вод.ст. і отримують таким чином лінію статичного тиску. Ця лінія визначає величину тиску у тепловій мережі, котра повинна мати місце у разі непрацюючих мережних насосів.
- в залежності від розрахункової температури мережної води з урахуванням профілю поверхні землі наноситься лінію незакіпання, що відповідає тиску насичення;
- згідно з даними гідравлічного розрахунку будується лінія тиску у зворотному трубопроводі, починаючи від точки перетину лінії статичного тиску та початку координат. По осі абсцис відкладаються довжини розрахункових ділянок трубопроводів, а по осі ординат від кінцевих точок розрахункових ділянок відкладають втрати тиску $\Sigma \Delta P$ із таблиці 11 (гідравлічний розрахунок), з'єднуються верхні точки цих відрізків та отримується ламана лінія , яка є лінією тиску в зворотному трубопроводі. Кожний вертикальний відрізок від лінії статичного тиску до лінії тиску в зворотному трубопроводі відповідає втратам тиску в зворотному трубопроводі від мережних насосів до відповідної точки;
- на кінці лінії тиску в зворотному трубопроводі відкладається вгору відрізок, що відповідає наявному тиску у кінцевого споживача головної магістралі;

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

- починаючи від верхньої точки наявного тиску у кінцевого споживача, будується лінія тиску у подавальному трубопроводі – відкладаючи вгору сумарні втрати тиску в подавальному трубопроводі головної магістралі та проводиться горизонтальна лінія, від якої відкладаються вниз втрати тиску в подавальному трубопроводі від джерела теплоти до кінця окремих ділянок та будуються аналогічно лінії тиску в зворотному трубопроводі (в закритих системах при однакових діаметрах подавальних та зворотних трубопроводів лінія тиску в подавальному трубопроводі є дзеркальним відображенням лінії тиску в зворотному трубопроводі);
- від точки на початку лінії тиску у подавальному трубопроводі відкладається відрізок, що відповідає втратам тиску в джерелі теплоти;
- аналогічно будуються п'єзометричні графіки відгалужень, починаючи від точки підключення відгалуження до головної магістралі, п'єзометричні графіки відгалужень необхідно будувати, виходячи з умови, щоб втрати тиску від джерела теплоти до кінцевих споживачів головної магістралі та відгалужень були приблизно рівними за величиною, що може вимагати необхідність коригування отриманих раніше діаметрів труб відгалужень;
- тиск в будь-якій точці мережі визначається за величиною відрізка між даною точкою та лінією тиску в подавальному або зворотному трубопроводі. При залежному приєднанні місцевих систем тиск в зворотному трубопроводі цілком передається місцевій системі та навпаки;
- переміщення п'єзометричного графіка паралельно вгору або вниз дозволяє прийняти будь-який тиск на всмоктувальному патрубку мережних насосів та відповідно в місцевих системах. Вибір положення п'єзометричного графіка потрібно здійснювати з урахуванням наведених вище вимог;
- по закінченні побудови на графіку відмічають нейтральну точку, в якій підтримується постійний тиск води в статичному і динамічному режимах роботи теплових мереж.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Графік розрахункового тиску по напрямку котельня – вул. Полтавська, 44, Графік фактичного тиску по напрямку котельня – вул. Полтавська, 44 наведена у графічній частині дипломного проекту (листи 5,6).

3.6. Підбір мережних насосів

За результатами гідравлічного розрахунку здійснюється вибір насосного обладнання [23], в тому числі мережних насосів, які використовуються для створення необхідних тисків та подачі потрібної кількості води до споживача [13]

Мережні насоси вибирають за продуктивністю та величиною опору. Продуктивність мережного насосу дорівнює розрахунковій кількості теплоносія, на виході із котельні і становить 290,830 м³/год.

Тиск мережного насоса визначається за формулою [14],

$$P_{nm} = \Delta P_{\partial m} + \Delta P_n + \Delta P_z + \Delta P_{a, м вод. ст.} \quad (3.16)$$

де

$\Delta P_{\partial m}$ – втрати тиску в котельні, приймаються 5–10 м вод.ст.;

ΔP_n – втрати тиску в подаючому трубопроводі теплової мережі (з гідравлічного розрахунку);

ΔP_z – втрати тиску у зворотному трубопроводі теплової мережі ($\Delta P_n = \Delta P_z$).

ΔP_a – втрати тиску у абонента, для опалювальних систем;

З гідравлічного розрахунку видно, що втрати тиску в подавальному та зворотному трубопроводі головної магістралі становлять:

$$\Delta P_n = \Delta P_z = 198,75 \text{ кПа} = 19,875 \text{ м вод. ст}$$

$$\Delta P_{\partial m} = 10 \text{ м вод. ст}$$

$$\Delta P_a = 2 \text{ м. вод. ст.}$$

$$P_{nm} = 10 + 19,88 + 19,88 + 2 = 51,76 \text{ м вод. ст.}$$

Максимальна температура води + 95 °С, тиск на вході в котел 700 кПа.

За каталогом насосів, розташованому за електронною адресою: <https://select.wilo.com/StartMain.aspx> підбираю мережний насос за показниками продуктивності та початкового тиску в джерелі теплопостачання, який забезпечить

					д6НТ.11393819.МР	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахункову витрату теплоносія та зниження обсягу споживання електричної енергії.

До встановлення було прийнято насос Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4 з характеристиками, відображеними у таблиці 13:

Таблиця 13. Технічні характеристики насосу Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4.

Марка насосу	Температура теплоносія, °С	Подача теплоносія, м³/год	Тиск теплоносія	Потужність електродвигуна, кВт-год	КПД
Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4	-20 до +140	0-400	70	63,94	83,4

Зовнішній вигляд та криві з характеристиками наведені нижче



Рис.9. Зовнішній вигляд насосу Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4.

					06HT.11393819.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

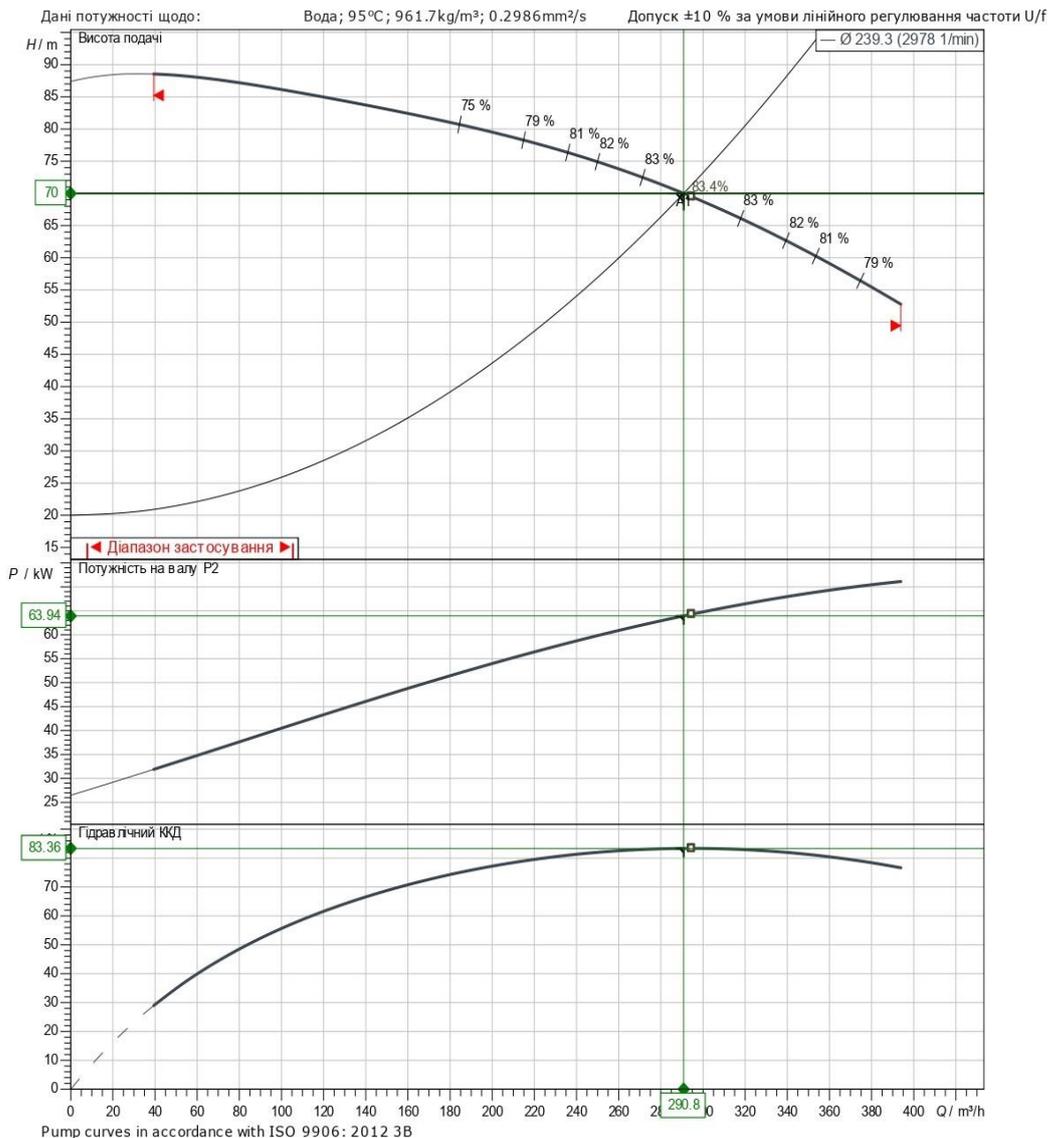


Рис.10 . Характеристика мережного насосу Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4.

Рішення про встановлення насосу Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4, прийнято виходячи із початкового тиску та його втрат, які визначені при гідравлічному розрахунку. Враховуючи, відсутність можливості привести у відповідність існуючі діаметри теплових мереж до розрахунковий, а також використання, в процесі виробництва, транспортування та постачання теплової енергії, мережного насосу 1Д-200 а, термін експлуатації якого минув, мною, використовуючи каталоги насосів було підібрано мережний насос, який би забезпечив подачу потрібної кількості теплоносія до споживачів, що відповідає 290,830 т/год, необхідний тиск у мережах, виходячи з початкового тиску на вході

					06HT.11393819.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

в котел, який складає 520 кПа, а також суттєво знизив витрати електричної енергії та підвищив ККД насосу.

Як альтернативний, та найкращий варіант, підібрано мережний насос марки: DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 IE3 з характеристиками, відображеними у таблиці 14:

Таблиця 14. Технічні характеристики мережного насосу DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 IE3

Марка насосу	Температура теплоносія, °C	Подача теплоносія, м ³ /год	Напір, м	Потужність електродвигуна, кВт-год	КПД
DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 IE3	-10 до +140	0-400	102	44,92	

Зовнішній вигляд та криві з характеристиками насосу марки DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 IE3 наведено нижче:



Рис.11. Зовнішній вигляд насосу DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 IE3

					06HT.11393819.MP	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

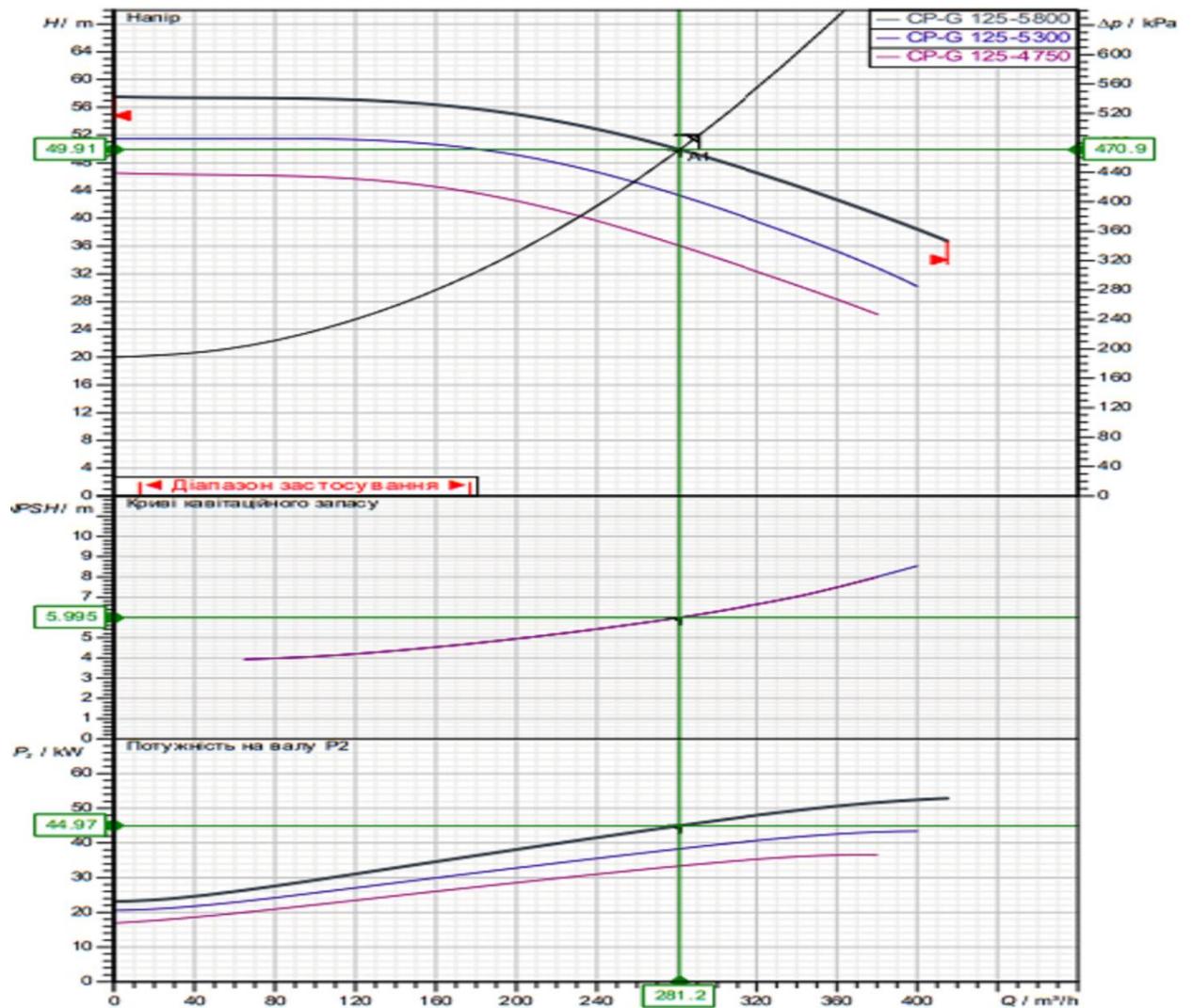


Рис. 12. Характеристика мережного насосу DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 ІЕЗ.

Таким чином, мною у даному підрозділі було виконано підбір насосного обладнання для різних варіантів, а саме:

- для розрахункової теплової мережі та початкового тиску у кількості 700кПа обрано насос Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4;
- для існуючої тепломережі та фактичного початкового тиску в джерелі теплопостачання 520 кПа підібрано насос DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 ІЕЗ.

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

3.7. Економічна ефективність запропонованих заходів.

Завершальним етапом гідравлічних розрахунків теплових мереж є визначення економічної ефективності та доцільності розглянутих варіантів покращення стану теплових мереж та котельного обладнання котельні по вул. Полтавська, 19 а, а саме:

Варіант 1: існуюча тепла мережа з фактичними діаметрами по магістральним трубопроводам та встановлений на котельні мережний насос 1Д200-90 а (із напором 5,2 атм.) та потужністю 75 кВт.

Варіант 2: існуюча тепла мережа з фактичними діаметрами по магістральним трубопроводам та підібраний мережний насос DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 IE3 (із напором 5,2 атм., що відповідає фактично заміряному), але з меншою потужністю.

Варіант 3: розрахована згідно гідравлічного розрахунку тепла мережа із економічними діаметрами меншого розміру та підібраний насос більшого напору та більшої потужності для розрахованих мереж з напором понад 7 атм., марки Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4.

Визначення ефективності розроблених в проєкті технічних рішень перевіримо методом співставлення вищевказаних варіантів, які відрізняються величиною питомих втрат тиску.

Далі провожу детальний аналіз зміни тиску та, відповідно зміни опору, що впливає на вибір мережних насосів, а також характеризується зміною обсягів споживання електричної енергії, що входить до експлуатаційних витрат, порівнюючи їх з капітальними інвестиціями для наведених варіантів та вибираю найбільш ефективний.

Основні техніко-економічні характеристики існуючого та підібраних насосів наводжу таблиці 15.

Таблиця 15. Техніко-економічні характеристики насосів

Варіант насосу	Марка насосу	Потужність приводу насосу, кВт	Кількість електроенергії, що буде споживатися	Вартість електроенергії за рік, яка буде споживатися
----------------	--------------	--------------------------------	---	--

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

			за рік, кВт-год	насосом, грн
Варіант1	1Д200-90	75	324 000	3 110 400,00
Варіант 2	DAB CP-G 125-5800/A/BAQE/55 IE3	44,92	194 054	1 862 922,00
Варіант 3	Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4	63,7	275 1840	2 641 766,00

При визначенні вартості електроенергії враховані ціни на електроенергію з урахуванням вартості розподілу за жовтень 2024 року

Для співставлення варіантів при проведенні аналізу ефективності впроваджених заходів враховую основні показники: капітальні вкладення, експлуатаційні та приведені витрати.

Розрахунок рівня капітальних витрат визначаю, як вартість теплових мереж, розрахована шляхом множення довжин теплових мереж на їх питому вартість. Питома вартість теплових мереж розрахована, виходячи із розрахункових витрат, які включають як вартість труб, так додаткові капітальні витрати, пов'язані із будівельно-монтажними та пуско-налагоджувальними роботами.

Згідно проведених розрахунків загальна вартість існуючих теплових мереж з фактичними діаметрами складає 33,042 млн. грн., розрахованих теплових мереж із меншими діаметрами – 26,647 млн.грн, адже збільшення діаметра труби спричиняє зростання її вартості та, відповідно, зростання капітальних витрат.

Річні експлуатаційні витрат складаються з витрат на експлуатацію системи тепlopостачання. Енергетичні витрати при застосуванні насосного обладнання включають витрати на електроенергію, а також включають вартість природного газу, використаного для виробництва теплової енергії на покриття додаткових втрат в теплових мережах. Додаткові втрати теплової енергії визначаються, як різниця між розрахованими втратами у тепловій мережі із економічними діаметрами по магістралях та втратами в існуючій тепломережі із фактичними діаметрами [2].

Обсяг втрат теплової енергії в теплових мережах залежить від їх протяжності та діаметрів, способу прокладки, типу та стану теплоізоляції,

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грунтових умов, строку служби, умов експлуатації та визначається розрахунковим методом .

Втрати теплової енергії в теплових мережах слід визначати як суму теплових втрат внаслідок теплопередачі через ізольовані поверхні трубопроводів та величину середньорічних втрат теплоносія, пов'язаних з витоком його з трубопроводів.[3]

$$Q_{\text{ТМ}} = Q_{\text{Вит}} + Q_{\text{О.Т}} , \text{ Гкал.} \quad (3.17)$$

Обсяг втрат теплової енергії з виток теплоносія з трубопроводів ($Q_{\text{Вит.}}$) визначається за формулою:

$$Q_{\text{Вит}} = C_{\text{В}} * G_{\text{Вит}} * (t_{\text{П ср}} + t_{\text{З ср}} - 2 * t_{\text{Х.В}}) * 10^{-3}, \text{ Гкал(МВт – год)} \quad (3.18)$$

де $C_{\text{В}}$ – питома теплоємність теплоносія, що за відсутності даних для водяних теплових мереж дорівнює 4,187 кДж/(кг °С) (1 ккал/(кг °С));

$G_{\text{Вит}}$ – витік теплоносія із відповідної ділянки теплових мереж, т. Під час визначення виток теплоносія не враховуються витрати води на наповнення теплопроводів і систем теплоспоживання у разі їх планового ремонту, підключення нових ділянок мережі і споживачів, проведення випробувань (на міцність і щільність, розрахункову температуру, теплові і гідравлічні втрати);

$t_{\text{П ср}}; t_{\text{З ср}}$ – середня у планованому періоді температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах теплової мережі відповідно (визначається виходячи із затвердженого температурного графіка відповідної ділянки теплової мережі), °С. У нашому випадку при температурному графіку 95°С/70°С середня температура теплоносія визначена шляхом виміру фактичних показників теплоносія і відповідно складає 50°С;

$t_{\text{Х.В}}$ – температура холодної водопровідної води, якою здійснюється підживлення теплових мереж, яка за відсутності даних для водяних теплових мереж приймається в опалювальний період на рівні +5 °С.

Витік теплоносія ($G_{\text{Вит.}}$) визначається за формулою

$$G_{\text{Вит}} = G_{\text{Вит.ср.}} * \gamma * n \quad (3.19)$$

де $G_{\text{Вит.ср.}}$ – середній витік теплоносія; кг/год

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

Середній об'єм теплоносія в мережі визначаю за формулою:

$$V_{\text{води}} = \frac{\pi d^2}{4} * l_{\text{діл.}} * 1000, \text{ кг} \quad (3.20)$$

де

d – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

$l_{\text{діл.}}$ – довжина ділянки, м

$$G_{\text{вит. ср}} = V_{\text{води}} * 0,003, \text{ кг/год} \quad (3.21)$$

γ – густина води при середній температурі води в подавальному та зворотному трубопроводах, т/куб. м;

n – кількість годин роботи теплової мережі в планованому періоді, що становить 4320 годин

Обсяг втрат теплової енергії за рахунок охолодження теплоносія в трубопроводах ($Q_{\text{о.т}}$) є сумою обсягу втрат у теплових мережах підземної прокладки ($Q_{\text{п.т.м}}$), у тому числі транзитних трубопроводів, у подавальних трубопроводах надземної прокладки ($Q_{\text{п.н.т.м}}$) та у зворотних трубопроводах надземної прокладки ($Q_{\text{з.н.т.м}}$).

Обсяг втрат теплової енергії в теплових мережах визначається в Гкал (МВт·год) за формулами:

для трубопроводів підземної прокладки

$$Q_{\text{п.т.м}} = Q_{\text{п.т.м.}}^{\text{роз.}} * K; \quad (3.22)$$

для подавальних трубопроводів надземної прокладки

$$Q_{\text{п.н.т.м}} = Q_{\text{п.н.т.м.}}^{\text{роз.}} * K_{\text{п}}; \quad (3.23)$$

для зворотних трубопроводів надземної прокладки

$$Q_{\text{з.н.т.м}} = Q_{\text{з.н.т.м.}}^{\text{роз.}} * K_{\text{з}} \quad (3.24)$$

де $Q_{\text{п.т.м}}$, $Q_{\text{п.н.т.м}}$, $Q_{\text{з.н.т.м}}$ – розрахункові обсяги втрат теплової енергії відповідно в трубопроводах підземної прокладки, подавальних та зворотних трубопроводах надземної прокладки.

K , $K_{\text{п}}$, $K_{\text{з}}$ – уточнюючі коефіцієнти для трубопроводів підземної прокладки, подавальних та зворотних трубопроводах надземної прокладки, що визначаються

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

в результаті теплотехнічних випробувань (у разі непроведення теплотехнічних випробувань уточнюючі коефіцієнти приймаються рівними 1).

Розрахункові обсяги втрат теплової енергії в трубопроводах підземної прокладки, подавальних та зворотних трубопроводах надземної прокладки визначаються за проєктними даними, а за їх відсутності виходячи із показників теплових втрат для різних типів прокладки, відповідно до положень нормативно-правових актів та документів, згідно з якими зазначені теплові мережі були запроектовані, у Гкал (МВт·год) за формулами:

для трубопроводів підземної прокладки

$$Q_{п.т.м.}^{роз.} = \sum \beta \times q_{п} \times l \times n \times 10^{-6} \quad (3.25)$$

для подавальних трубопроводів надземної прокладки

$$Q_{п.н.т.м.}^{роз.} = \sum \beta \times q_{пн} \times l \times n \times 10^{-6} \quad (3.26)$$

для зворотних трубопроводів надземної прокладки

$$Q_{з.н.т.м.}^{роз.} = \sum \beta \times q_{зн} \times l \times n \times 10^{-6} \quad (3.27)$$

де β – коефіцієнт, який враховує додаткові втрати, що виникають на опорах, арматурі, компенсаторах, та приймається для відкритого повітря, непрохідних каналів, тунелів і приміщень: для металевих трубопроводів на рухомих опорах, умовним діаметром до 150 мм – 1,2; 150 мм та більше – 1,15; при безканальній прокладці – 1,15; для трубопроводів в землі без ізоляції – 1,8.

$q_{п}$, $q_{пн}$, $q_{зн}$ – питомі показники густини теплового потоку через ізольовану поверхню трубопроводів для різних типів прокладки. При розрахунку використані дані таблиці 3.8 для трубопроводів підземної прокладки, прокладених у непрохідних каналах та дані таблиці 3.4 для трубопроводів наземної прокладки.

l – довжина ділянок теплової мережі, що характеризується однаковим діаметром трубопроводу та типом прокладки, м; n – планована кількість годин транспортування теплоносія ділянкою теплової мережі, год. Врахована планова тривалість опалювального сезону, яка відповідає 4320 годинам.

Для прикладу наведу розрахунок річних втрат теплової енергії по ділянці ТК2-ТК57:

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Визначаємо об'єм теплоносія в мережі на відповідній ділянці:

$$V_{\text{води}} = \frac{3,14 * 0,213^2}{4} * 165 * 1000 = 11752,84 \text{ кг}$$

Визначаємо витік теплоносія на ділянці

$$G_{\text{вит}} = 11752,84 * 0,003 = 35,26 \text{ кг/год}$$

Визначаю обсяг річних втрат теплової енергії з витокм теплоносія з трубопроводів :

$$Q_{\text{вит}} = 1 * 35,26 * (50 - 10) * 24 * 180 * 10^{-3} = 6092,67 \text{ Мкал або } 7084,50 \text{ кВт-год.}$$

Далі переходимо до визначення обсягу втрат теплової енергії в теплових мережах за рахунок охолодження теплоносія в трубопроводах по відповідній ділянці.

Враховуючи те, що тепла мережа на ділянці від ТК2-ТК57 протяжністю 165 м у двотрубному вимірі діаметром 219 мм прокладена у непрохідних каналах, то для визначення питомих показників густини теплового потоку через ізольовану поверхню трубопроводів використовую дані таблиці 3.8. Проміжні значення показників густини теплового потоку визначаю методом інтерполяції. Розрахункова середньорічна витрата води у теплових мережах 65°C відповідає температурному графіку 95/70.

Таким чином,

$$Q_{\text{п.т.м.}}^{\text{роз.}} = 1,15 * 33 * 330 * 24 * 180 * 10^{-3} = 54101,52 \text{ кВт-год}$$

Загально річні втрати теплової енергії на ділянці теплової мереж складають ТК2-ТК57:

$$Q_{\text{тм}} = (7084,50 + 54101,52) * 0,00086 = 52,62 \text{ Гкал}$$

					<i>06НТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Проводжу розрахунок втрат теплової енергії в теплових мережах із розрахованими діаметрами по магістральних мережах (таблиця 16).

Таблиця 16. Визначення втрат теплової енергії в магістральних теплових мережах котельні по вулиці Полтавська, 19 а по розрахованих діаметрах

Назва ділянки	довжина труби одинакового діаметру,	Загальна протяжність ділянки, м	Зовнішній діаметр труби, мм	Внутрішній діаметр, мм	спосіб прокладання	питомі показники втрат теплоти, Вт/м	коефіцієнт, який враховує додаткові охолодженням, кВт год	втрати теплоти з витоками, кВт год	Загальні втрати теплоти, кВт год	Річні втрати теплоти, Гкал	Об'єм води кіт/год	
												1
1												
магістраль 1: Котельня - вул.Полтавська 44												
К.-ТК1-ТК2	28	56	273	265	Непрохідні канали	37	1,15	10293,70	1860,87	12154,57	10,45	3 087,09
ТК2-ТК57	165	330	219	213	Непрохідні канали	33	1,15	54101,52	7084,50	61186,02	52,62	11 752,84
ТК57-ТК7(п)	340	680	194	189	Непрохідні канали	30	1,15	101347,20	11493,93	112841,1 3	97,04	19 067,87
ТК7-ТК9(н)	146	292	194	189	Надземне	43	1,15	62378,21	4935,63	67313,84	57,89	8 187,97
ТК8-ТК9(п)	54	108	194	189	Непрохідні канали	30	1,15	16096,32	1825,51	17921,83	15,41	3 028,43
ТК10-ТК13	324	648	159	154,5	Непрохідні канали	27	1,15	86920,13	7319,28	94239,40	81,05	12 142,32
ТК13-ТК14	60	120	152	148	Непрохідні канали	26	1,15	15500,16	1243,77	16743,93	14,40	2 063,36
ТК14-ТК27т	227	454	133	129	Непрохідні канали	24	1,2	56484,86	3574,96	60059,83	51,65	5 930,69
ТК27(т)-ТК26(т)	60	120	108	104	Непрохідні канали	22	1,2	13685,76	614,16	14299,92	12,30	1 018,87
ТК26(т)-ТК30(т)	234	468	89	85,5	Непрохідні канали	20	1,2	48522,24	1618,88	50141,12	43,12	2 685,64

TK30(т)-TK32(т)	52	104	76	72,5	Непрохідні канали	19	1,2	10243,58	258,67	10502,25	9,03	429,12
Всього по магістралі 1												
магістраль 2: ТК2 - вул. Героїв Майдану 7												
TK2-TK32	136	272	152	148	Непрохідні канали	26	1,15	35133,70	2819,22	37952,91	32,64	4 676,94
TK32 -TK33	117	234	133	129	Непрохідні канали	24	1,2	29113,34	1842,60	30955,95	26,62	3 056,79
TK 33- вул.Гетьманська, 58	39	78	108	104	Непрохідні канали	22	1,2	8895,74	399,21	9294,95	7,99	662,26
вул.Гетьманська,5 8 -TK35	106	212	89	85,5	Непрохідні канали	20	1,2	21980,16	733,34	22713,50	19,53	1 216,57
TK35-TK38	210	420	76	72,5	Непрохідні канали	19	1,2	41368,32	1044,63	42412,95	36,48	1 732,99
TK38-TK41	185	370	57	53,5	Непрохідні канали	15	1,2	28771,20	501,12	29272,32	25,17	831,34
Всього по магістралі 2												
магістраль 3: ТК2-вул. Юрія Немирича, 5												
TK2-TK22	95	190	133	129	Непрохідні канали	24	1,2	23639,04	1496,13	25135,17	21,62	2 482,01
TK22-TK53	17	34	108	104	Непрохідні канали	22	1,2	3877,63	174,01	4051,65	3,48	288,68
TK53-ТП	56	112	89	85,5	Непрохідні канали	20	1,2	11612,16	387,42	11999,58	10,32	642,72
ТП-TK52	39	78	57	53,5	Непрохідні канали	15	1,2	6065,28	105,64	6170,92	5,31	175,26
TK52- вул.Юрія Немирича, 5	62	124	44,5	42	Непрохідні канали	14	1,2	8999,42	103,50	9102,93	7,83	171,71
Всього по магістралі 3												
Загальні втрати по магістральному напрямку котельні												
											48,56	3760,36
											641,96	85331,44

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

06НТ.11393819.МР

Арк.

86

При проведенні розрахунків було передбачено підземне прокладання теплових мереж в непрохідних каналах, крім фактичних випадків надземного прокладання.

Таким чином, за результатами розрахунків видно, що річні втрати теплової енергії по магістральним трубопроводам розрахункової тепломережі, із діаметрами менших розмірів, визначеними при гідравлічному розрахунку, становлять 691,96 Гкал.

Враховуючи те, що фактичні діаметри існуючої теплової мережі є більшими, а також той факт, що теплові мережі по деяким ділянкам прокладені у землі без ізоляції, то втрати теплової енергії мережі з фактичними діаметрами є вищими.

Аналогічно до проведеного розрахунку визначаю втрати теплової енергії в існуючій системі тепlopостачання з фактичними діаметрами трубопроводів та результати розрахунків відображаю у таблиці 15

За результатами проведених розрахунків втрати складають 814,40 Гкал, що на 172,44 Гкал або на 17,7% перевищує втрати, визначені по розрахунковій мережі.

Витрати природного газу, яка необхідно спалити для відшкодування втрат теплової енергії у кількості 172,44 Гкал становить 25,660 тис.м³, що в грошовому еквіваленті становить 0,0003 млн.грн. При розрахунку врахована вартість природного газу, з урахуванням плати за послуги з розподілу природного газу, становить 11 000,00 грн.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

Таблиця 17. Визначення втрат теплової енергії в магістральних теплових мережах котельні по вулиці Полтавська, 19 а відповідно до Постанови НКРРЕКП від 20.09.2022 року №1188 згідно фактичних діаметрів труб

Назва ділянки	довжина труб одинакового діаметру, м	Забільна протяжність ділянки, м	зовнішній діаметр труб, мм	внутрішній діаметр труб, мм	спосіб прокладання	питомі показники вtrat теплоти, Вт/м	коefficient, який враховує додаткові втрати	втрати теплоти з охлажденням, кВт год	втрати теплоти з витоками, кВт год	Загальні втрати теплоти, кВт год	річні втрати теплоти, Гкал	обем води довідково кв/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Магістраль 1: Котельня - вул.Полтавська 44												
К.-ТК1-ТК5	193	386	219	213	Непрохід ні канали	33	1,15	63 282,38	8 286,72	71 569,10	61,55	13 747,261
ТК57-ТК5	64	128	219	213	Труба в землі без ізоляція	33	1,8	32 845,82	2 747,93	35 593,75	30,61	4 558,677
ТК5-ТК7	248	496	219	213	Труба в землі без ізоляція	33	1,8	127 277,57	10 648,22	137 925,79	118,62	17 664,874
ТК7-ТК8	28	56	219	213	Непрохід ні канали	33	1,15	9 180,86	1 202,22	10 383,08	8,93	1 994,421
ТК7-ТК8(н)	146	292	219	213	Наземна прокладка	43	1,15	62 378,21	6 268,71	68 646,92	59,04	10 399,482
ТК9-ТК12	204	408	219	213	Непрохід ні канали	33	1,15	66 889,15	8 759,02	75 648,17	65,06	14 530,783
ТК12-ТК27т	461	922	159	154,5	Непрохід ні канали	27	1,15	123 673,39	10 414,16	134 087,55	115,32	17 276,571
ТК27(т)-ТК30 (т)	294	588	219	213	Непрохід ні канали	33	1,15	96 399,07	12 623,29	109 022,37	93,76	20 941,423
ТК30(т)- ТК32(т)	52	104	108	104	Непрохід ні канали	22	1,2	11 860,99	532,28	12 393,27	10,66	883,018

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

д6НТ.11393819.МР

Арк.

88

Всього по магістралі											563,53	101 996,51
Магістраль 2: ТК 2 - вул. Героїв Майдану 7												
ТК2-ТК32	136	272	219	213	Непрохідні канали	33	1,15	44 592,77	5 839,35	50 432,12	43,37	9 687,189
ТК32 -ТК33	117	234	159	154,5	Непрохідні канали	27	1,15	31 387,82	2 643,07	34 030,90	29,27	4 384,726
ТК 33-вул.Гетьманськ а, 58	39	78	133	129	Непрохідні канали	24	1,2	9 704,45	614,20	10 318,65	8,87	1 018,928
вул.Гетьманська,58	68	136	89	85,5	Непрохідні канали	20	1,2	14 100,48	470,44	14 570,92	12,53	780,442
вул.Гетьманськ а, 62	178	356	159	154,5	Непрохідні канали	26	1,15	45 983,81	4 021,08	50 004,89	43,00	6 670,780
ТК37-ТК38	70	140	133	129	Непрохідні канали	24	1,2	17 418,24	1 102,41	18 520,65	15,93	1 828,846
ТК38-ТК41	185	370	76	72,5	Непрохідні канали	19	1,2	36 443,52	920,27	37 363,79	32,13	1 526,678
Всього по магістралі											185,11	
Магістраль 3: ТК2 - вул. Юрія Немирича, 5												
ТК2-ТК22	95	190	219	213	Непрохідні канали	33	1,15	31 149,36	4 078,96	35 228,32	30,30	6 766,786
ТК22-ТК53	17	34	108	204	Непрохідні канали	22	1,2	3 877,63	669,54	4 547,17	3,91	1 110,731
ТК53-ТП	56	112	159	154,5	Непрохідні канали	27	1,15	15 023,23	1 265,06	16 288,29	14,01	2 098,672
ТП-вул..Юрія Немирича, 5	101	202	76	72,5	Непрохідні канали	19	1,2	19 896,19	502,42	20 398,61	17,54	833,484
Всього по магістралі											65,76	10 809,67
Загальні втрати по магістральному напрямку котельні											814,40	112 806,18

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

06HT.11393819.MP

Переходимо до визначення економічної ефективності запропонованих заходів

Таблиця 18. Розрахунок та порівняння результатів дослідження

Варіант	Капітальні витрати, млн. грн	Експлуатаційні витрати на оплату електричної енергії, млн. грн	Величина втрат теплоти в теплових мережах за рік, Гкал	Кількість газу, котру додатково потрібно спалити для компенсації втрат теплоти, тис. м ³	Вартість додаткових витрат газу млн. грн за рік	Загальні експлуатаційні річні витрати млн. грн за рік	Приведені витрати, млн. грн за рік
	К	Е	Q	В			
1	2	3	4	5	6	7	8
Варіант 1	33,047	3,110	172,437	25,660	0,0003	3,111	4,763
Варіант 2	33,047	2,642	172,437	25,660	0,0003	2,642	4,294
Варіант 3	25,647	1,863	0,000	0,000	0,00	1,863	3,145

Отже, провівши аналіз даних таблиці, ми бачимо, що у даному випадку варіант 3, згідно з яким розрахована згідно гідравлічного розрахунку теплова мережа із економічними діаметрами меншого розміру та підібраний насос більшого напору та більшої потужності для розрахованих мереж з тиском понад 7 атм. марки Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4 є найбільш ефективним, та має найменший термін окупності.

Збільшення діаметра труби спричиняє зростання втрат теплоти, а для прокачування води через трубу меншого діаметра необхідно витратити більше енергії на живлення насосу.

За наведеними результатами будуємо графік залежності капітальних та експлуатаційних витрат в залежності від величини питомих втрат тиску по магістральних мережах, які

- при варіант 1 складають: 42 Па/м
- при варіанті 3 складають: 112 Па/м.

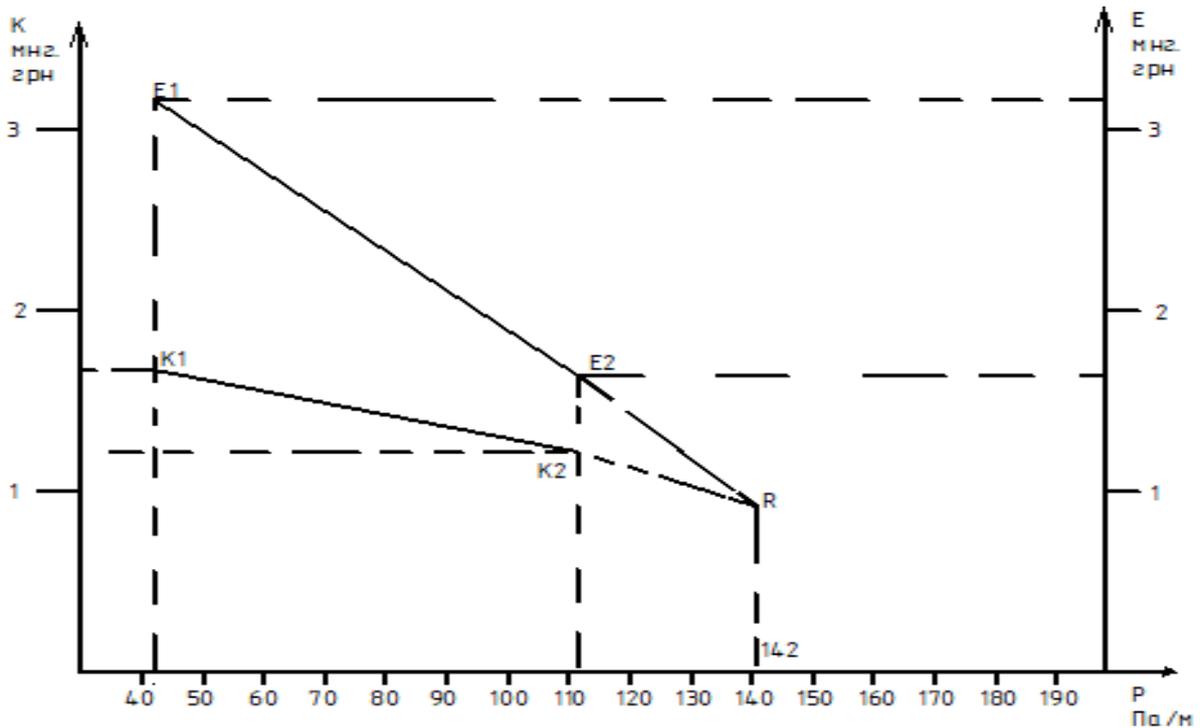


Рис.13. Графік визначення оптимальної величини питомих втрат тиску для металевих трубопроводів

Згідно графіку видно, що оптимальна величина питомих втрат тиску здвигається вправо до позначки 140Па/м, що перевищує показники, які були враховані при виборі розрахункових діаметрів теплових мереж. На оптимальну величину питомих втрат тиску суттєво впливають як капітальні, так і експлуатаційні витрати, які напряду залежать як, від розміру діаметру, так і потужності електроустаткування. Вибір найбільш оптимального варіанту дозволить покращити фінансовий стан підприємства та знизити собівартість послуг теплопостачання.

Робота системи теплопостачання вимагає впровадження енергозберігаючих технологій під час нового проектування, так і у разі реконструкції цих систем теплопостачання[31].

Враховуючи те, що зменшення втрат в теплових мережах можна досягти за рахунок використання попередньо ізольовані трубопроводів, то, використовуючи попередню методику, мною було проведено визначення

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

показників ефективності запропонованих заходів для різних визначених варіантів, за умови використання попередньо ізольованих трубопроводів.

Прокладання попередньо ізольованих трубопроводів позитивно вплине на стан системи тепlopостачання та призведе до зменшення витрат електричної енергії на перекачування теплоносіїв, та, як наслідок, до зменшення собівартості виробленої теплової енергії, що позитивно вплине на фінансово-економічний стан підприємства в цілому. Також спостерігається зростання рівня капітальних витрат, при застосуванні ПТТ, адже вартість попередньо ізольованих трубопроводів, із урахування витрат на монтажні та пуско – налагоджувальні роботи, зростає в декілька раз. Так, капітальні витрати при варіанті 1 становить 173,242 млн.грн, при варіанті 3 – 85,345 млн.грн.

Мною було визначено економічний результат від прокладання попередньо ізольованих трубопроводів та занесено до таблиці 17.

Таблиця 19. Розрахунок та порівняння результатів дослідження з урахування прокладання ПТТ

Варіант	Капітальні витрати, млн. грн	Експлуатаційні витрати на оплату електричної енергії, млн. грн	Величина втрат теплоти в теплових мережах за рік, Гкал	Кількість газу, котру додатково потрібно спалити для компенсації втрат теплоти, тис. м ³	Вартість додаткових витрат газу млн. грн за рік	Загальні експлуатаційні річні витрати млн. грн за рік	Приведені витрати, млн. грн за рік
	К	Е	Q	В			
1	2	3	4	5	6	7	8
Варіант 1	173,242	3,110	172,437	25,660	0,30	3,409	12,071
Варіант 2	173,242	2,642	172,437	25,660	0,30	2,940	11,602
Варіант 3	85,345	1,863	0,000	0,000	0,00	1,863	6,130

Аналогічно до переднього розрахунку, ми бачимо, що найбільш оптимальним та енергоефективним варіантом у даному випадку є варіант 3, згідно з яким розрахована згідно гідравлічного розрахунку теплова мережа із економічними діаметрами меншого розміру та підібраний насос більшого напору та більшої потужності для розрахованих мереж з тиском понад 7 атм. марки Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4

Переходимо до побудови графіка залежності капітальних та експлуатаційних витрат в залежності від величини питомих втрат тиску, який дозволить визнати оптимальний тиск, та охарактеризує результати проведеного дослідження.

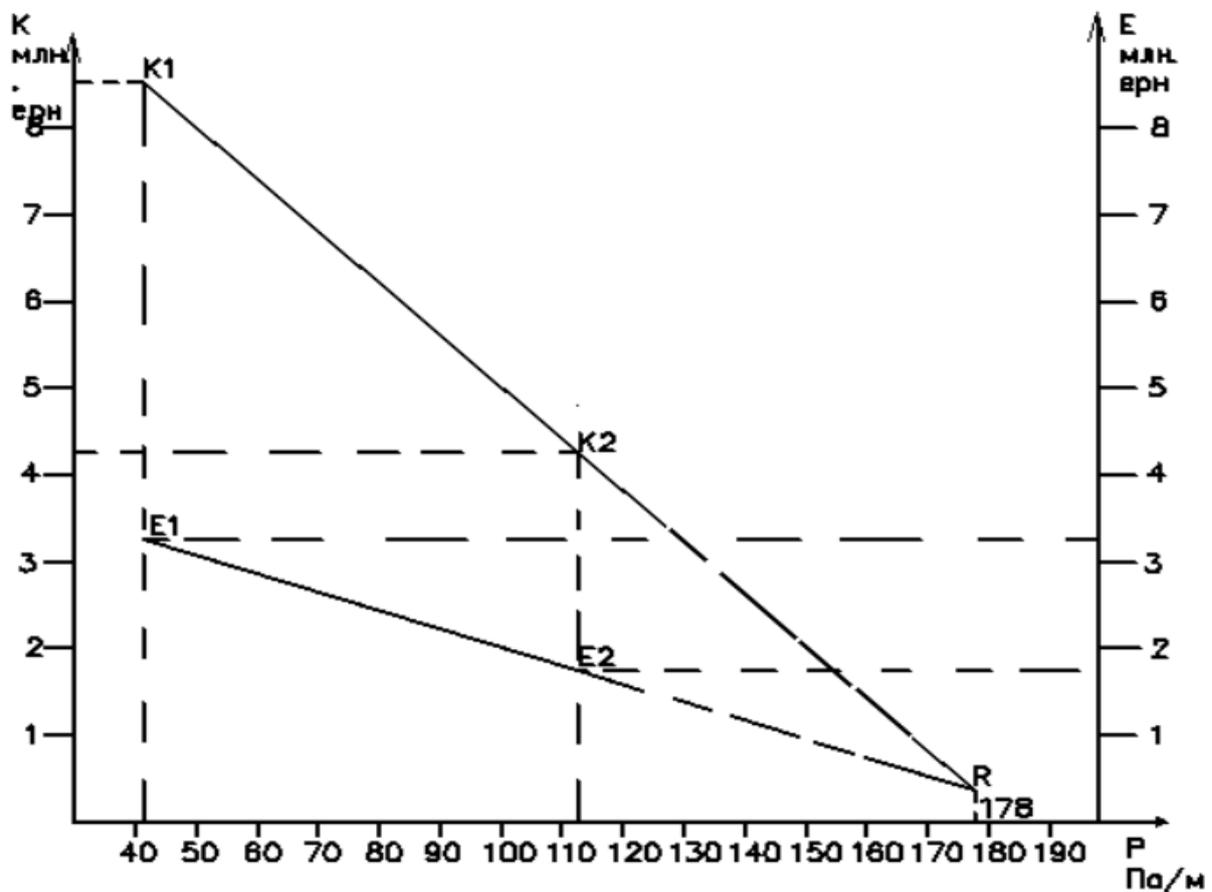


Рис. 14. Графік визначення оптимальної величини питомих втрат тиску для попередньо ізольованих трубопроводів.

Згідно графіку видно, що оптимальна величина питомих втрат тиску здвигається вправо до позначки 178 Па/м.

Таким чином отримані оптимальні величини питомих втрат тиску перевищують ті, які рекомендувались раніше (70-80 Па на 1 м). Це свідчить про те, що тарифна політика і вартість прокладки трубопроводів впливає на величину питомих втрат тиску. Вартість трубопроводів значно зросла і тепер більш вигідно прокладати менший діаметр трубопроводів і допускати при цьому більші втрати тиску і більші витрати електроенергії на транспортування теплоносія. Крім того, труби почали випускатись з меншим коефіцієнтом еквівалентної шорсткості, що дає можливість збільшити питомі втрати тиску.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

4. РЕКОНСТРУКЦІЯ КОТЕЛЬНІ ПО ВУЛИЦІ ПОЛТАВСЬКА, 19 А У М.ГАДЯЧ

4.1. Опис принципової теплової схеми котельні.

Теплова схема котельні — це умовне графічне зображення її основного та допоміжного устаткування, що об'єднується лініями трубопроводів для робочих середовищ.

Розрізняють принципову, розгорнуту та робочу (монтажну) теплові схеми котельні.

На принциповій тепловій схемі котельні показують лише її головне устаткування (котлоагрегати, підігрівники, деаератори, насоси) і основні трубопроводи без арматури, найрізноманітніших допоміжних пристроїв та другорядних трубопроводів, а також без уточнення кількості і розташування обладнання.

Розгорнута теплова схема котельні містить все встановлене устаткування, а також усі трубопроводи, які з'єднують обладнання, із запірною та регулювальною арматурою.

Робоча (монтажна) теплова схема котельні, містить детальну інформацію про всі елементи, які входять в теплову схему котельні. Розгорнута і робоча (монтажна) теплові схеми котельні складаються лише після розробки її принципової теплової схеми і виконання відповідних розрахунків, на підставі яких вибирається обладнання котельні [27].

Принципова теплова схема котельні відображає основний технологічний процес виробництва теплової енергії, спрямований на забезпечення споживачів послугами теплопостачання з відповідними параметрами в період проходження опалювального сезону.

На листу 8 відображено принципову теплову схему водогрійної котельні по вулиці Полтавська, 19 а в м.Гадяч, з відпуском теплоти при закритій системі теплопостачання (далі – схема).

Водогрійні котельні з відпуском теплоти при закритій системі теплопостачання є опалювальними і проектуються з кількості теплоти, яка

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

відпускається на опалення і гаряче водопостачання з використанням в якості теплоносія гарячої води з температурою 150/70°C (для опалення) і 65-70°C (для постачання гарячої води). Нагрівання теплоносія проводиться безпосередньо водогрійними котлами.

Згідно наведено схеми, мережна вода від споживача зворотним трубопроводом з невеликим напором (0,2...0,4Мпа) через грязьовик, який встановлений на вході для фільтрації теплоносія та збору шламу і захисту обладнання від засмічення, надходить до котельні.

Після грязьовика теплоносій надходить на мережні насоси марки 1Д200-90 а.

Підживлення системи, а також первинне і подальше заповнення системи здійснюється хімічно очищеною водою.

На ввіді в котельню на трубопроводі сирі води встановлено лічильник обліку холодної води. Після підготовки пом'якшена вода потрапляє в баки запасу хімічищеної води, загальна ємність яких складає 2000 м³. Далі вода спрямовується, за допомогою підживлювального насосу до мережного насосу.

До мережних насосів спрямовується і нагріта вода після теплообмінників, призначених для підігріву сирі та хімічно очищеної води.

Після мережних насосів, теплоносія надходить до водогрійних котлів ТВГ-8 М, де проходить нагрів теплоносія.

Після котла за допомогою циркуляційного насосу до нагрітого теплоносій підмішується мережна вода із зворотного трубопроводу, з метою забезпечення розрахункової температури води на вході в теплові мережі при всіх режимах роботи котельні, крім максимального зимового.

Теплова схема розрахована з умов зручності експлуатації, тому кожен вузол має власні аналогові показники температури та тиску – термометри і манометри, що встановлені в зручному для збору показів місці.

Для видалення повітря з системи, у верхніх точках трубопроводів передбачені автоматичні повітряні клапани.

					<i>ДБНТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

У підлозі котельні влаштовані скидні та дренажні трубопроводи , які збираються у дренажні колектори та виводяться у каналізаційний трубопровід, який підключений до міської каналізації.

План котельні по вул. Полтавська, 19 а та План котельні по вулиці Полтавська, 19 а в розрізі відображено у графічній частині диплому (9,10).

4.2. Аналіз ефективності роботи котельні.

Основними показниками, які характеризують ефективність роботи котельні вцілому та теплогенеруючого обладнання зокрема є:

- підвищення ККД встановленого обладнання,
- зниження витрати паливно-енергетичних ресурсів на виробництво, транспортування та постачання теплової енергії;
- скорочення витрат теплоти на власні потреби котельні;
- зниження собівартість теплоти, яка відпускається.

Джерелом виробництва теплової енергії на котельні по вул. Полтавська, 19 а у м.Гадяч є два водогрійні котли ТВГ-8М. Один із котлів є основним інший резервним.

Для спалювання газу водогрійний котел ТВГ використовує газові пальники які розміщені між вертикальними топковими екранами. Пальник має два ряди отворів, діаметром 1,5 мм, розташованих у шаховому порядку.

З метою підвищення ефективності роботи джерела тепlopостачання, як зазначалося раніше, на одному із котлів ТВГ-8М була замінена існуюча конвективна частина на модернізовану із збільшеним діаметром труб, а також замінено комплект подових пальників у кількості 4 штуки вдосконалені подові щілинні пальники 3-го покоління МПИГ-3

Згідно інформації заводу виробника, розміщеному на сайті ТОВ “Монастирищенський завод» заміна газових пальників на вдосконалені подові щілинні пальники 3-го покоління МПИГ-3 з профільованими соплами і додатковим повітророзподільником типу «кольчуга», забезпечують рівномірніший розподіл повітря по повітряним трубкам та більш якісне

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сумішоутворення, що створює умови для більш рівномірного розподілу температур по об'єму топки котла з одночасним збільшенням терміну їх експлуатації та підвищення ККД котла.

Переваги: незмінна геометрія перетину газових сопел, які практично не засмічуються і співвідношення газ/повітря залишається дуже близьким до заданого при режимній налазці, тривалий ресурс експлуатації пальника 10-14 років.

Згідно технічних характеристик водогрійного котла витрати природного газу котлом складають 1100 м³/год.

Визначаю номінальні витрати природного газу одним пальником:

$$1100 \text{ м}^3/\text{год} / 4 \text{ пальника} = 275 \text{ м}^3/\text{год на один пальник.}$$

Використовуючи коефіцієнт регулювання пальника, визначаю мінімально можливі витрати газу на одному пальнику:

$$275 \text{ м}^3/\text{год} : 5 = 55 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Мінімально можливі витрати газу котлом (4 пальники) становлять 55 м³/год *4 = 220 м³/год, або 1,6 Гкал за годину.

При роботі двома крайніми пальниками, у разі необхідності роботи котельні із мінімальною продуктивністю котел може працювати з витратами газу 55 м³/год *2 = 110 м³/год.

Далі провожу визначення витрат газу для визначеної потужності (навантаження) котельні з урахуванням температури зовнішнього повітря, згідно температурного графіку для котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч.

Витрати газу для кожного показника температури зовнішнього повітря визначаю за формулою:

$$V = Q * 10^6 / Q_n * \eta, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.1)$$

де

Q – навантаження котельні для відповідної температури, Гкал/год

Q_n – довідникова нижня теплота згорання, що становить 8250 ккал/м³

η - коефіцієнт корисної дії котла.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

Далі переходжу до розрахунку тиску газу перед пальником для кожного показника температури зовнішнього повітря, виходячи із обсягів спожитого природного газу, який визначається за формулою, а саме:

$$P = S \cdot B^2, \text{ мм. вод.ст.} \quad (4.2)$$

при $P = 1500 \text{ мм.вод.ст.}$,

$B = 275 \text{ м}^3/\text{год}$

$$S = 1500/275^2 = 0,0198$$

Враховуючи те, що показник S є постійною величиною, то для кожного обсягу газу за годину, відповідно за попередньою формулою визначаю тиск. За результатами обсягу газу визначаю продуктивність пальника, двох пальників та 4 пальників (котла). Результати розрахунку заносу до таблиці 18.

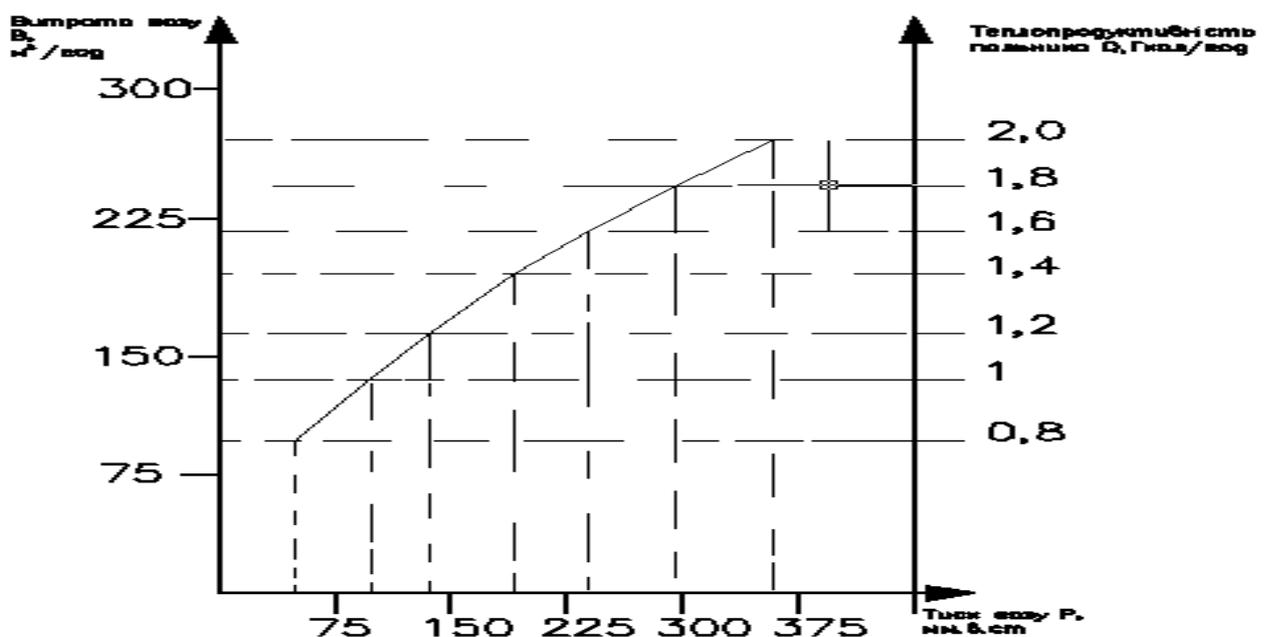
Таблиця 20. Результати роботи пальника при різних витратах газу та температурі зовнішнього повітря

Теплопродуктивність котельні (4 пальники), Гкал/ год	Температура зовнішнього повітря середня за добу, °С	Необхідний тиск газу, мм вод.ст	Витрати газу м3 за год			Теплопродуктивність пальника		
			1 пальник	2 пальника	4 пальника котел	1 пальник	2 пальника	4 пальника котел
1,6	+10	60	55	110	220	0,41	0,8	1,6
2,0	+8	89	67	134	268	-	1,0	2,0
2,4	+6	130	81	162	324	-	1,2	2,4
2,8	+4	175	94	188	376	-	1,4	2,8
3,2	+2	227	107	214	428	-	1,6	3,2
3,6	0	290	121	242	484	-	1,8	3,6
4,0	-2	356	134	268	536	-	2,0	4,0
4,4	-4	434	148	-	592	-	-	4,4
4,8	-6	514	161	-	644	-	-	4,8
5,2	-8	601	174	-	696	-	-	5,2
5,6	-10	701	188	-	752	-	-	5,6
6,0	-12	801	201	-	804	-	-	6,0
6,4	-14	917	215	-	860	-	-	6,4

6,8	-16	1031	228	-	912	-	-	6,8
7,2	-18	1162	242	-	968	-	-	7,2
7,6	-20	1290	255	-	1020	-	-	7,6

Аналізуючи дані таблиці, ми бачимо, що на цьому пальнику можна працювати аж до тиску газу перед пальником 89 мм вод.ст і при цьому він буде забезпечувати теплопродуктивність 2,0 Гкал за год, що відповідає температурі +8 і навіть + 10. Або працювати двома крайніми пальниками і тоді до температури зовнішнього повітря - 2°С можна працювати з витратами до 268 і теплопродуктивністю 2,0 Гкал за год. Далі переходити на 4 пальники.

Враховуючи те, що з метою забезпечення відповідних температур теплоносія, які залежать від температури зовнішнього повітря, та з метою уникнення перетопів, роботу котла рекомендують проводити на нижчих режимах із мінімальною продуктивністю. Тому для відображення реальної роботи котельні будує графіки як на 4 пальники для низьких температур зовнішнього повітря, так і на 2 пальники для теплого періоду.



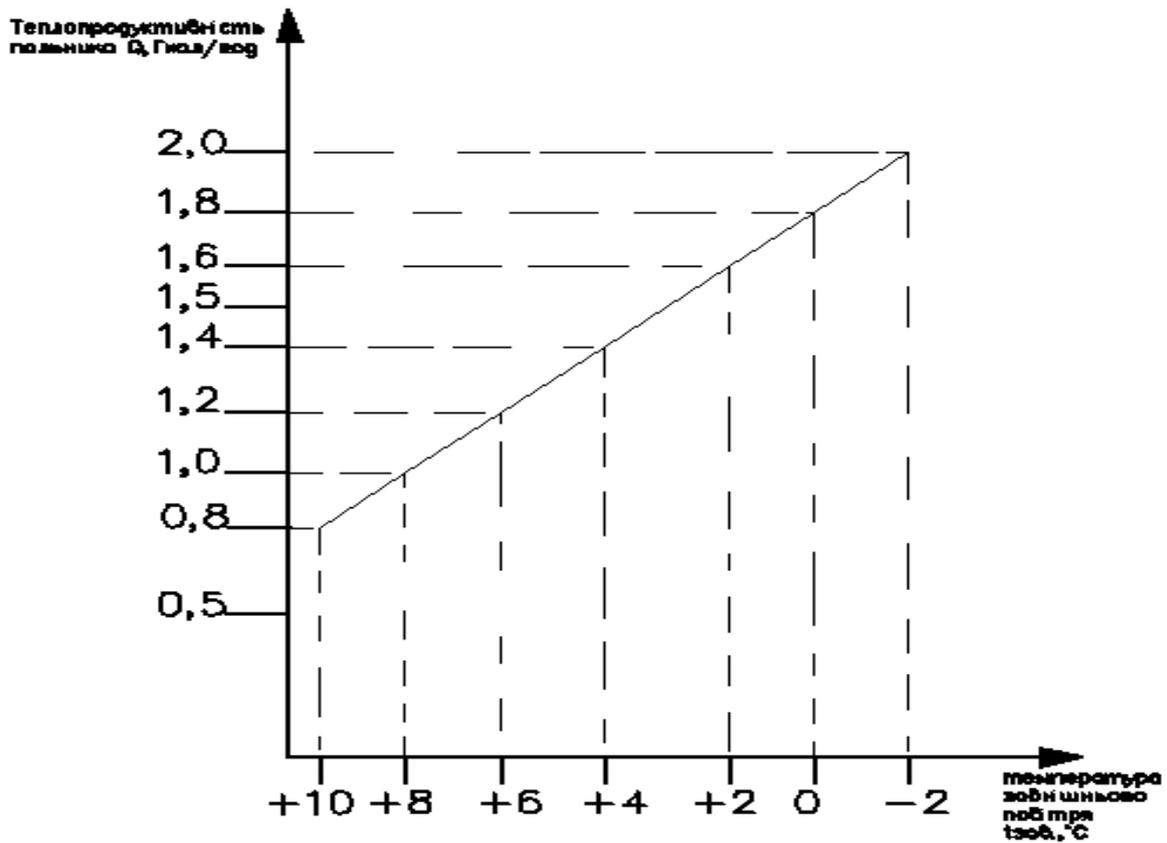
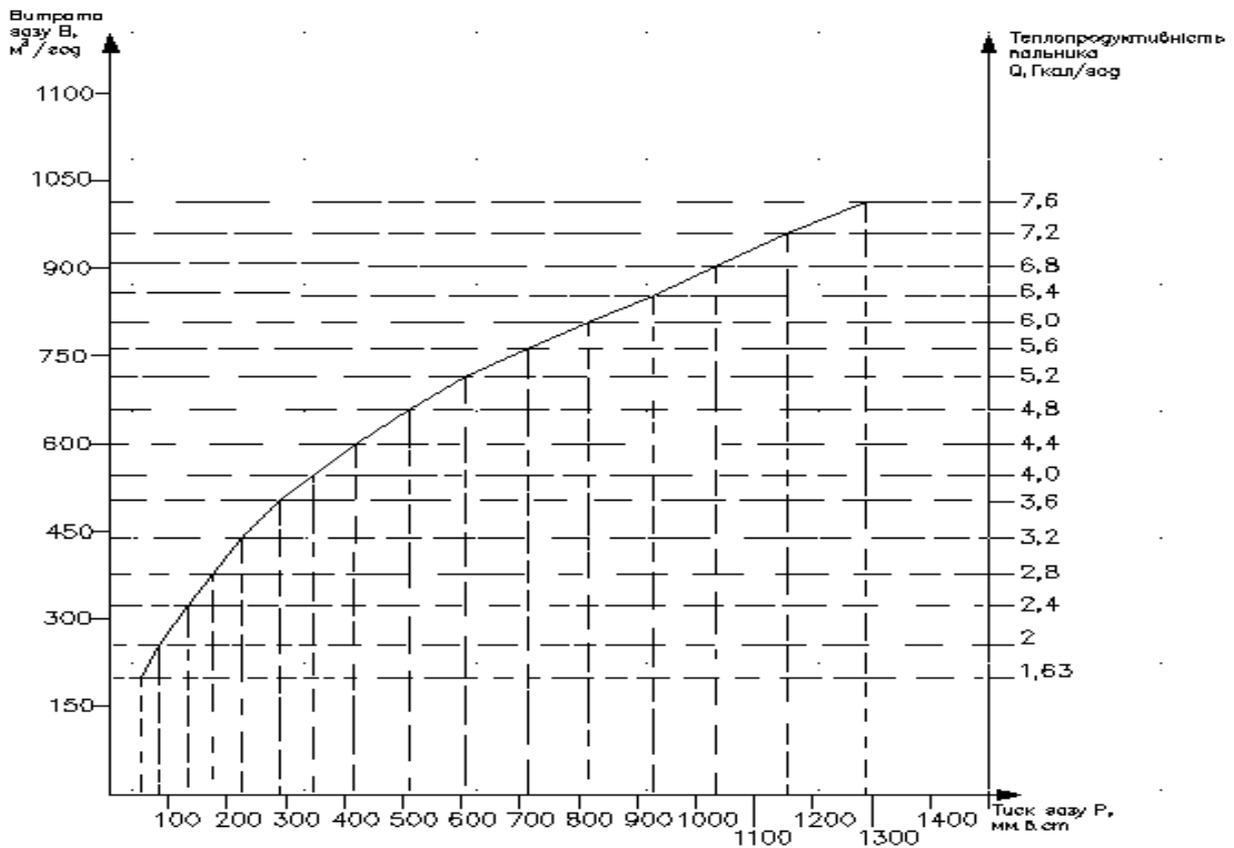


Рис.15. Графіки роботи котельні залежно від тиску, продуктивності котла витрат газу та з урахуванням температури зовнішнього повітря на 2 пальниках



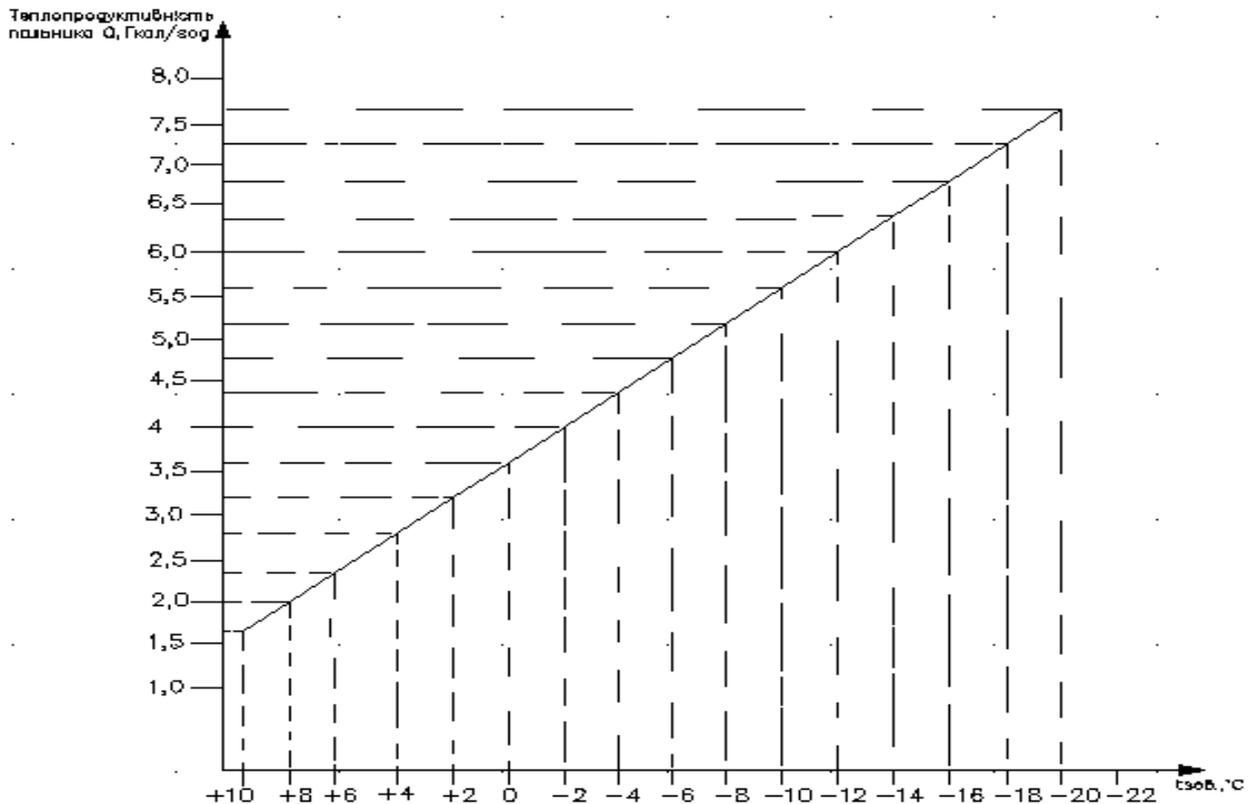


Рис.16. Графік роботи котельні залежно від тиску, продуктивності котла витрат газу та з урахуванням температури зовнішнього повітря на 4пальниках для теплого періоду.

Побудовані графіки допомагають знайти тиск перед пальником, який потрібно тримати для визначеної теплопродуктивності, визначити обсяг газу, який повинен бути використаний для певної температури зовнішнього повітря та визначеної потужності роботи котла ТВГ-8М. Це спростить роботу обслуговуючого персоналу котельні та забезпечить контроль за використанням паливно-енергетичних ресурсів, що позитивно вплине на показники, що характеризують об'єкт дослідження, знизить собівартість послуг тепlopостачання.

Враховуючи скрутне становище підприємства, та галузі тепlopостачання в цілому, а також довготривалий термін експлуатації котлів на котельні, який перевищує 40 років, відсутня фінансова можливість замінити резервний котел ТВГ- 8М на інший, тому виникає необхідність, удосконалити існуюче генеруюче обладнання шляхом проведення його модернізації, що дозволить знизити обсяги споживання природного газу, покращити процеси горіння, і, як наслідок

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

зменшити втрати теплоти відхідними газами. З цією метою було прийнято рішення, розглянути можливість заміни газових пальників на більш енергоефективні, та, відповідно, провести розрахунок газових пальників різних потужностей.

4.3. Розрахунок газових пальників котла ТВГ-8М.

Основним елементом будь-якого приладу, що працює на газу, є пальник — теплогенеруючий пристрій, в якому відбувається змішування повітря з газоподібним паливом з подальшою подачею до вихідного отвору і спалюванням її тут з утворенням стійкого фронту горіння (факела).

Пальники повинні:

- забезпечувати повне спалювання газу;
- працювати стійко, без відриву і проскакування полум'я в необхідному діапазоні продуктивності тепла;
- бути надійними і безпечними в експлуатації.

Залежно від способу спалювання газу пальника підрозділяються на:

- дифузійні, в камері згорання яких за рахунок дифузії проходить часткове і незавершене змішення газу з повітрям;
- інжекційні, з повним попереднім змішенням газу і повітрям.

Дифузійні пальники бувають з природною подачею повітря з навколишнього середовища і з штучною (примусовою) подачею, коли повітряні маси нагнітаються вентилятором. Інжекційні пальники є пристроями внутрішнього змішування з природною і примусовою подачею повітря. У них повітря для горіння засмоктується (інжектирується) за рахунок енергії струменя газу, який витікає з отвору малого перетину — сопла. Змішування газу і повітря відбувається всередині корпусу пальника [29].

Далі проводжу розрахунок пальника для водогрійного котла ТВГ-8М, який працює на природному газу та виконується у відповідності з вимогами [29] для вихідних даних:

					<i>дБНТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

1. Фізико хімічні властивості природного газу відображені у Результаті випробувань № 1309/К від 07.12.2024 року (додаток)

2. Коефіцієнт корисної дії приладу $\eta = 0,9$;

3. Теплота спалюваного природного газу $Q_n^p = 8291,53$ ккал/м³;

4. Густина газу $\rho_T = 0,787$ кг/м;

5. Тиск газу перед пальника $P_T = 15\ 000$ Па.

6. Номінальні витрати газу котлом 1100 м³/год

7. Номінальні витрати газу одним пальником – 275 м³/год

8. Кількість пальників для котла ТВГ-8М -4 штуки

Визначаю витрати газу на один колектор для мінімального теплового навантаження на агрегат:

$$V_{\Gamma} = \frac{Q_{\text{мін}}}{Q_n^p \cdot n_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{аг}}} = \frac{1,8 \cdot 10^6}{8291,5354 \cdot 4 \cdot 0,90} = 60,3 \text{ нм}^3/\text{год} \quad (4.3)$$

Визначаю витрати газу на один колектор за номінального теплового навантаження на агрегат:

$$V_{\Gamma} = \frac{Q}{Q_n^p \cdot n_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{аг}}} = \frac{8,3 \cdot 10^6}{8291,5354 \cdot 4 \cdot 0,90} = 278,06 \text{ нм}^3/\text{год} \quad (4.4)$$

де Q – номінальна теплопродуктивність паливоспалювального агрегату, для якого розраховується пальник, кВт, ккал/год;

Q_n^p – теплота згорання газу у кВт год/м³, ккал/м³;

$n_{\text{п}}$ – кількість колекторів,

$\eta_{\text{аг}}$ - величина коефіцієнта корисної дії (ККД) паливоспалювального технологічного агрегату, для якого розраховується пальник (за номінального навантаження).

Визначаю швидкість повітря у вузькому перерізі щілини (у місці розташування колектора течії.

$$W_{\text{пов}} = \varphi * \sqrt{\frac{2\Delta P_{\text{м}}}{\rho_{\text{пов}}}} = 0,7 * \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{1,205}} = 4 \text{ м/с} \quad (4.5)$$

φ – коефіцієнт швидкості, що враховує гідравлічний опір по ходу повітря у місці проходження повз колектор, $\varphi = 0,7$;

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

ΔP_T – розрідження у топці для котлів з дуттям, у нашому випадку приймаю 20 Па;

$\rho_{\text{пов}}$ - густина повітря у дійсних умовах, визначається за відомими величинами щільності повітря за нормальних умов $\rho_{\text{н.у}} = 1,293$ кг/м³ і температури повітря:

$$\rho_{\text{пов}} = \rho_{\text{н.у}} * \frac{273}{273+t_{\text{пов}}} = 1,293 * \frac{273}{273+30} = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (4.6)$$

Визначають необхідний внутрішній діаметр колектора для подачі газу:

$$d_{\text{кол.}} = 18,8 * \sqrt{\frac{V_{\text{Г}}}{W_{\text{пов}}}} = 18,8 * \sqrt{\frac{278,06 \text{ м}^3/\text{ГОД}}{4,0 \text{ м/с}}} = 67,79 \text{ мм} \quad (4.7)$$

де $V_{\text{Г}}$ – витрати газу, м³/ГОД

Приймаємо стандартний зовнішній діаметр труби із типоряду труб 70 мм.

Ширина вогневої щілини каналу- а:

$$\alpha = \frac{V_{\text{пов}}}{3,6 * W_{\text{пов}} + I_{\text{щ}}} + d_{\text{зов}} = \frac{\alpha_2 * V_{\text{Т}} * B_{\text{Г}}}{3,6 * W_{\text{пов}} * I_{\text{щ}}} * \left(\frac{273+t_{\text{пов}}}{273} \right) + d_{\text{зов}}, \text{ мм} \quad (4.8)$$

$$\alpha = \frac{1,2 * 9,84 * 278,06}{3,6 * 4 * 3,16} * \left(\frac{273+30}{273} \right) + 76 = 149,42 \text{ мм}$$

де

$$\alpha_2 = 1,2$$

$V_{\text{Т}}$ – теоретична потреба у повітрі на горіння, розрахована по складу природного газу, визначеного згідно даних результатів випробувань і приймається 9,84 м³/м³;

$B_{\text{Г}}$ – витрата газу, м³/год;

$W_{\text{пов}}$ – швидкість повітря в перерізі щілини, м/с;

$I_{\text{щ}}$ – довжина вогневої щілини (довжина топки), 3,16м.

Визначаю довжину вогневої частини колектора $l_{\text{кол.}}$ виходячи із врахуванням $q_{\text{кол.}} = 2300 - 3500$ кВт/м – для котлів з висотою більше за 3 м. Довжина вогневої частини колектора визначиться згідно залежності:

$$l_{\text{кол.}} = \frac{V_{\text{Г}} * Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{860 * q_{\text{кол}}} = \frac{278,06 * 8291,5354}{860 * 2300} = 1,166 \text{ м} \quad (4.9)$$

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

Для забезпечення якісного перемішування газу і повітря необхідно забезпечити певну величину дальnobійності (проникнення) газового струменя із вогневих отворів у повітряний потік - h_c .

$$h_c = \frac{\alpha - d_{зоб}}{2} (0,85 \dots 0,9) = \frac{155,42 - 76,0}{2} * 0,85 = 33,8 \text{ мм} \quad (4.10)$$

Величина дальnobійності газового струменя повинна бути дещо меншою за ширину щілини, у межах якої струмінь існує і становити:

Визначаю діаметр струменя у місці, де він набуває напрямку, паралельного вектору потоку повітря- D_c :

$$D_c = 0,75 * h_c = 0,75 * 33,8 = 25,3 \text{ мм} \quad (4.11)$$

Визначають діаметр вогневих отворів для виходу газу, d_o за формулою Ю.В. Іванова для визначення відносної дальnobійності газового струменя:

$$\frac{h_c}{d_o} = k_s * \frac{W_\Gamma}{W_{пов}} * \sqrt{\frac{\rho_\Gamma}{\rho_{пов}}} * \sin \alpha \quad (4.12)$$

де d_o – діаметр вогневих отворів, м;

W_Γ – швидкість газу на виході із вогневих отворів: $w_\Gamma = 30 - 80$ м/с;

$W_{пов}$ – швидкість повітря у найбільш вузькому перерізі вогневого каналу;

α – кут атаки – кут зустрічі газового та повітряного потоків, кут $\alpha = 45^\circ$.

Швидкість газу на виході із вогневих визначаю із закону витікання за відомою величини тиску газу у колекторі:

$$W_\Gamma = \sqrt{2 * \frac{k}{k-1} * P_1^{абс} * v_1 * \left[1 - \left(\frac{P_2^{абс}}{P_1^{абс}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (4.13)$$

$$W_\Gamma = 0,7 * \sqrt{2 * \frac{1,33}{1,33-1} * 115000 * 1,105 * \left(1 - \left(\frac{100000}{115000} \right)^{\frac{1,33-1}{1,33}} \right)} = 130,813 \text{ м/с}$$

$$P_1^{абс} = 15000 + 1000000 = 115000 \text{ Па}$$

$$v_1 = \frac{1}{\rho_\Gamma} * \left[\frac{P_{бар}^{сy}}{P_1^{абс}} * \frac{(273+t_\Gamma)}{(273+20)} \right], \text{ м}^3/\text{кг} \quad (4.14)$$

$$v_1 = \frac{1}{0,787} * \left(\frac{100000}{115000} * \frac{(273+20)}{(273+20)} \right) = 1,105 \text{ м}^3/\text{кг}$$

де k – показник адіабати для природного газу, як для багатоатомного газу,

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

$k = 1,33$ (довідникова величина).

φ - коефіцієнт швидкості, залежить від форми вогневого отвору і коефіцієнту його опору ξ .

v_1 – питомий об'єм горючого газу за умов тиску газу

$P^{абс.}_1$ $P^{абс.}_1$ – абсолютний тиск газу у колекторі, $P^{абс.}_1 = P_1 + P_{бар}$ (Па).

$P_{бар}$ – барометричний тиск для географічних умов встановлення пальника.

Приймаю величину барометричного тиску за нормальних умов – 100 000 Па

Величину v_1 визначають за відомими величинами щільності газу за стандартних умов (вихідні дані результату випробувань якості газу), тиску газу перед пальником $P^{абс.}_1$ і його температурою – t_r згідно залежності:

де ρ_r - щільність горючого газу за стандартних умов згідно даних сертифіката якості газу, або за відомим складом горючого газу

$\rho_r = \text{відносна густина} * \rho_{пов} = 0,653 * 1,205 = 0,787$ кг/м³ за стандартних умов

Визначаємо величину діаметру вогневого каналу :

$$d_0 = \frac{1}{k_s} * \frac{W_{пов}}{W_r} * \sqrt{\frac{\rho_{пов}}{\rho_r}} * \frac{1}{\sin \alpha} * h_c = \frac{1}{2,2} * \frac{4}{130,813} * \sqrt{\frac{1,205}{0,787}} * \frac{1}{\sin 45} * 33,8 = 0,7 \text{ мм} \quad (4.15)$$

Для визначення d_0 із таблиця 3.5 (конспект декцій) приймаю $k_s = 2,2$

Крок вогневих отворів визначаю згідно залежності: $S = 0,75 h_c + (2 \square 5)$, мм.

$$S = 0,75 * 33,8 + 2 = 27,32 \text{ мм} \quad (4.16)$$

Враховуючи те, що діаметр вогневих отворів пальника вибирають у діапазоні 1,5...4 мм, а крок - 13....30 мм, то подальший розрахунок газового пальника проводжу, виходячи із наступних показників $d_0 = 1,5$ мм, $S = 17,8$ мм

Визначаю витрати газу на один вогневий отвір:

$$V_r'' = 3600 * \frac{\pi * d_0^2}{4} * W_r = 3600 * \frac{3,14 * 1,5^2}{4} * 130,813 = 0,832, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.17)$$

Визначають кількість вогневих отворів за відомими величинами загальних витрат газу V_g і витрат газу через один вогневий отвір:

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

$$n = \frac{B_r}{B_r} = \frac{278,06}{0,832} = 334 \text{ шт} \quad (4.18)$$

Перевіряю довжину коректора для розміщення визначеної кількості вогневих отворів:

$$l''_{\text{кол}} = 0,001 * \left[\frac{(n-1)*S}{2} + 2S * 2 \right], \text{ м} \quad (4.19)$$

$$l''_{\text{кол}} = 0,001 * \left[\frac{(334 - 1) * 17,8}{2} + 2 * 17,8 * 2 \right] = 3,04 \text{ м}$$

Необхідний надлишковий тиск газу перед колектором:

$$P_r = \left[\frac{1}{\mu^2} + \sum_1^m \zeta \left(\frac{\sum f_{do}}{f_{\text{кол}}} \right) \right] * \frac{W_r^2}{2} * \rho_r, \text{ Па} \quad (4.20)$$

$$P_r = \left[\frac{1}{0,6^2} + 3 * \left(\frac{590,5}{3846,5} \right) \right] * 8555,98 * 0,787 = 21\,797 \text{ Па}$$

де

μ^2 - коефіцієнт витрат для вогневих отворів, який приймаю на рівні 0,6.

$\sum f_{do}$ - сумарна площа вогнених отворів;

$f_{\text{кол}}$ - площа коректора.

Виконую перевірку на допустиму величину теплового навантаження вогневих отворів для запобігання перегріву газового колектору і запобігання явища коксування вогневих отворів. Визначаю величину теплового напруження за формулою:

$$q_{do} = \frac{B_r * Q_H^p}{860 * \sum f_{do}} = \frac{278,06 * 8291,5354}{860 * 590} = 4,5 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \quad (4.21)$$

Отриманий результат порівнюю із допустимими значеннями теплового напруження вогневих отворів, і можна стверджувати, що даний показник не перевищує допустиме значення, а отже розрахунок газового пальника для водогрійного котла ТВГ 8-М проведено з дотримання вимог

Також перевіряю і показник теплового напруження у топковому просторі паливноспалюючого агрегату.

$$q_v = \frac{B_r * Q_H^p}{860 * V} = \frac{278,06 * 8291,5354}{860 * 9,8} = 272 \text{ кВт/м}^3 \quad (4.22)$$

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отриманий результат не перевищує 860 кВт/год, що також підтверджує вірність підібраних параметрів.

З метою визначення ефективності роботи газового пальника, мною було проведено розрахунок пальника при зменшенні витрат газу до 800 м³/год на котел, або 200 м³/год на один пальник та тиску перед пальником до P_г = 8 000 Па при незмінних інших показниках .

Визначаю витрати газу на один колектор для мінімального теплового навантаження на агрегат:

$$B_{\Gamma} = \frac{Q_{\text{мін}}}{Q_{\text{п}}^{\text{р}} * n_{\text{п}} * \eta_{\text{аг}}} = \frac{1,8 * 10^6}{8291,5354 * 4 * 0,90} = 60,3 \text{ нм}^3 / \text{год}$$

Витрати природного газу на один колектор за номінального теплового навантаження на агрегат складає 800 м³/год /4 пальника = 200 нм³/год:

Визначаю швидкість повітря у вузькому перерізі щілини (у місці розташування колектора течії.

$$W_{\text{пов}} = \varphi * \sqrt{\frac{2\Delta P_{\text{м}}}{\rho_{\text{пов}}}} = 0,7 * \sqrt{\frac{2 * 20}{1,205}} = 4 \text{ м/с}$$

φ – коефіцієнт швидкості, що враховує гідравлічний опір по ходу повітря у місці проходження повз колектор, $\varphi = 0,7$;

$\Delta P_{\text{г}}$ – розрідження у топці для котлів з дуттям, у нашому випадку приймаю 20 Па;

$\rho_{\text{пов}}$ - густина повітря у дійсних умовах, визначається за відомими величинами щільності повітря за нормальних умов $\rho_{\text{н.у}} = 1,293 \text{ кг/нм}^3$ і температури повітря:

$$\rho_{\text{пов}} = \rho_{\text{н.у}} * \frac{273}{273 + t_{\text{пов}}} = 1,293 * \frac{273}{273 + 30} = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Визначають необхідний внутрішній діаметр колектора для подачі газу:

$$d_{\text{кол.}} = 18,8 * \sqrt{\frac{B_{\Gamma}}{W_{\text{пов}}}} = 18,8 * \sqrt{\frac{200 \text{ м}^3 / \text{год}}{4,0 \text{ м/с}}} = 57,49 \text{ мм}$$

де B_{Γ} – витрати газу, м³/год

Приймаємо стандартний зовнішній діаметр труби із типоряду труб 60 мм.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина вогневої щілини каналу- а:

$$\alpha = \frac{V_{\text{пов}}}{3,6 * W_{\text{пов}} + I_{\text{щ}}} + d_{\text{зов}} = \frac{\alpha_2 * V_{\text{т}} * B_{\text{г}}}{3,6 * W_{\text{пов}} * I_{\text{щ}}} * \left(\frac{273 + t_{\text{пов}}}{273} \right) + d_{\text{зов}}, \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{1,2 * 9,84 * 200}{3,6 * 4 * 3,16} * \left(\frac{273 + 30}{273} \right) + 60 = 127,12 \text{ мм}$$

де

$$\alpha_2 = 1,2$$

$V_{\text{т}}$ – теоретична потреба у повітрі на горіння, розрахована по складу природного газу, визначеного згідно даних результатів випробувань і приймається $9,84 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$;

$B_{\text{г}}$ – витрата газу, $\text{нм}^3/\text{год}$;

$W_{\text{пов}}$ – швидкість повітря в перерізі щілини, м/с ;

$I_{\text{щ}}$ – довжина вогневої щілини (довжина топки), $3,16\text{м}$.

Визначаю довжину вогневої частини колектора $I_{\text{кол}}$ виходячи із врахуванням $q_{\text{кол}} = 2300 - 3500 \text{ кВт/м}$ – для котлів з висотою більше за 3 м . Довжина вогневої частини колектора визначиться згідно залежності:

$$I_{\text{кол}} = \frac{B_{\text{г}} * Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{860 * q_{\text{кол}}} = \frac{200 * 8291,5354}{860 * 2300} = 0,838 \text{ м}$$

Для забезпечення якісного перемішування газу і повітря необхідно забезпечити певну величину дальnobійності (проникнення) газового струменя із вогневих отворів у повітряний потік - $h_{\text{с}}$.

$$h_{\text{с}} = \frac{\alpha - d_{\text{зов}}}{2} (0,85 \dots 0,9) = \frac{127,12 - 60,0}{2} * 0,85 = 28,5 \text{ мм}$$

Величина дальnobійності газового струменя повинна бути дещо меншою за ширину щілини, у межах якої струмись існує і становити:

Визначаю діаметр струменя у місці, де він набуває напрямку, паралельного вектору потоку повітря- $D_{\text{с}}$:

$$D_{\text{с}} = 0,75 * h_{\text{с}} = 0,75 * 28,5 = 21,4 \text{ мм}$$

Визначають діаметр вогневих отворів для виходу газу, d_0 за формулою Ю.В. Іванова для визначення відносної дальnobійності газового струменя:

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

$$\frac{h_c}{d_0} = k_s * \frac{W_{\Gamma}}{W_{\text{пов}}} * \sqrt{\frac{\rho_{\Gamma}}{\rho_{\text{пов}}}} * \sin \alpha$$

де d_0 – діаметр вогневих отворів, м;

W_{Γ} – швидкість газу на виході із вогневих отворів: $w_{\Gamma} = 30 - 80$ м/с;

$W_{\text{пов}}$ – швидкість повітря у найбільш вузькому перерізі вогневого каналу;

α – кут атаки – кут зустрічі газового та повітряного потоків, кут $\alpha = 45^{\circ}$.

Швидкість газу на виході із вогневих визначаю із закону витікання за відомою величини тиску газу у колекторі:

$$W_{\Gamma} = \sqrt{2 \frac{k}{k-1} * P_1^{\text{абс}} * v_1 * \left[1 - \left\{ \frac{P_2^{\text{абс}}}{P_1^{\text{абс}}} \right\}^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

$$W_{\Gamma} = 0,7 * \sqrt{2 * \frac{1,33}{1,33-1} * 108000 * 1,18 * \left(1 - \left(\frac{100000}{108000} \right)^{\frac{1,33-1}{1,33}} \right)} = 97,43 \text{ м/с}$$

$$P_1^{\text{абс}} = 8000 + 100000 = 108000 \text{ Па}$$

$$v_1 = \frac{1}{\rho_{\Gamma}} * \left[\frac{P_{\text{бар}}^{\text{су}}}{P_1^{\text{абс}}} * \frac{(273 + t_{\Gamma})}{(273 + 20)} \right], \text{ м}^3/\text{кг}$$

$$v_1 = \frac{1}{0,787} * \left(\frac{100000}{108000} * \frac{(273 + 20)}{(273 + 20)} \right) = 1,18 \text{ м}^3/\text{кг}$$

де k – показник адіабати для природного газу, як для багатоатомного газу, $k = 1,33$ (довідникова величина).

φ - коефіцієнт швидкості, залежить від форми вогневого отвору і коефіцієнту його опору ξ .

v_1 – питомий об'єм горючого газу за умов тиску газу

$P_1^{\text{абс}}$, $P_2^{\text{абс}}$ – абсолютний тиск газу у колекторі, $P_1^{\text{абс}} = P_1 + P_{\text{бар}}$ (Па).

$P_{\text{бар}}$ – барометричний тиск для географічних умов встановлення пальника.

Приймаю величину барометричного тиску за нормальних умов – 100 000 Па

Величину v_1 визначають за відомими величинами щільності газу за стандартних умов (вихідні дані результату випробувань якості газу), тиску газу перед пальником $P_1^{\text{абс}}$ і його температурою – t_{Γ} згідно залежності:

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

де ρ_{Γ} - щільність горючого газу за стандартних умов згідно даних сертифіката якості газу, або за відомим складом горючого газу

$$\rho_{\Gamma} = \text{відносна густина} * \rho_{\text{пов}} = 0,653 * 1,205 = 0,787 \text{ кг/м}^3 \text{ за стандартних умов}$$

Визначаємо величину діаметру вогневого каналу :

$$d_0 = \frac{1}{k_s} * \frac{W_{\text{пов}}}{W_{\Gamma}} * \sqrt{\frac{\rho_{\text{пов}}}{\rho_{\Gamma}}} * \frac{1}{\sin \alpha} * h_c = \frac{1}{2,2} * \frac{4}{97,43} * \sqrt{\frac{1,205}{0,787}} * \frac{1}{\sin 45} * 28,5 = 0,8 \text{ мм}$$

Для визначення d_0 із таблиця 3.5 (конспект декцій) приймаю $k_s = 2,2$

Крок вогневих отворів визначаю згідно залежності: $S = 0,75 h_c + (2 - 5)$, мм.

$$S = 0,75 * 28,5 + 2 = 23,38 \text{ мм}$$

Враховуючи те, що діаметр вогневих отворів пальника вибирають у діапазоні 1,5...4 мм, а крок - 13....30 мм, то подальший розрахунок газового пальника проводжу, виходячи із наступних показників $d_0 = 1,5$ мм, $S = 18,4$ мм

Визначаю витрати газу на один вогневий отвір:

$$V_{\Gamma}'' = 3600 * \frac{\pi * d_0^2}{4} * W_{\Gamma} = 3600 * \frac{3,14 * 1,5^2}{4} * 97,42 = 0,620 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначають кількість вогневих отворів за відомими величинами загальних витрат газу V_{Γ} і витрат газу через один вогневий отвір:

$$n = \frac{V_{\Gamma}}{V_{\Gamma}''} = \frac{200}{0,620} = 323 \text{ шт}$$

Перевіряю довжину коректора для розміщення визначеної кількості вогневих отворів:

$$l_{\text{кол}}'' = 0,001 * \left[\frac{(n - 1) * S}{2} + 2S * 2 \right], \text{ м}$$

$$l_{\text{кол}}'' = 0,001 * \left[\frac{(323 - 1) * 19,2}{2} + 2 * 19,2 * 2 \right] = 3,04 \text{ м}$$

Необхідний надлишковий тиск газу перед колектором:

$$P_{\Gamma} = \left[\frac{1}{\mu^2} + \sum_1^m \zeta \left(\frac{\sum f_{d_0}}{f_{\text{кол}}} \right) \right] * \frac{W_{\Gamma}^2}{2} * \rho_{\Gamma}, \text{ Па}$$

$$P_{\Gamma} = \left[\frac{1}{0,6^2} + 3 * \left(\frac{570,2}{28626} \right) \right] * 4745,82 * 0,787 = 12 \text{ 631 Па}$$

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

де

μ^2 - коефіцієнт витрат для вогневих отворів, який приймаю на рівні 0,6.

$\sum f_{do}$ – сумарна площа вогнених отворів;

$f_{кол}$ - площа коректора.

Виконую перевірку на допустиму величину теплового навантаження вогневих отворів для запобігання перегріву газового колектору і запобігання явища коксування вогневих отворів. Визначаю величну теплового напруження за формулою:

$$q_{do} = \frac{B_r \cdot Q_H^p}{860 \cdot \sum f_{do}} = \frac{200 \cdot 8291,5354}{860 \cdot 570,2} = 3,4 \frac{\text{кВт}}{\text{м}^2}$$

Отриманий результат порівнюю із допустимими значеннями теплового напруження вогневих отворів, і можна стверджувати, що даний показник не перевищує допустиме значення, а отже розрахунок газового пальника для водогрійного котла ТВГ 8-М проведено з дотримання вимог

Також перевіряю і показник теплового напруження у топковому просторі паливноспалюючого агрегату.

$$q_v = \frac{B_r \cdot Q_H^p}{860 \cdot V} = \frac{200 \cdot 8291,5354}{860 \cdot 9,8} = 279,5 \text{ кВт/м}^3$$

Отриманий результат не перевищує 860 кВт/год, що також підтверджує вірність підібраних параметрів.

В результаті проведеного розрахунку спостерігається не лише зменшення витрат природного газу, а й зменшення внутрішнього діаметру колектора до 60 мм, ширини вогневої щілини до 127,12 мм, розрахованого діаметру вогневих отворів, та, та відповідно, кроку вогневих отворів до 23,4 мм. Як і при передньому розрахунку, враховуючи інтервали допустимих значень, мною було прийнято до розрахунку діаметр сопла у розмірі 1,5 мм, крок - 18,4 мм. Зменшилася і кількість вогневих отворів за рахунок збільшення кроку при незмінному діаметрі сопла.

В результаті проведених розрахунків спостерігається також зменшення надлишкового мінімального тиску перед коректором до 12,6 кПа.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		113

Величини теплового напруження вогневих отворів та теплового напруження у топковому пристрої не перевищують допустимі значення.

Враховуючи вищевикладене, з метою підвищення ефективності роботи пальника та котла в цілому, що супроводжується зменшенням витрат природного газу при виробництві послуг тепlopостачання та, як наслідок, зниження собівартості теплової енергії, при підвищених температурах зовнішнього повітря доцільно забезпечити роботу теплогенеруючого обладнання на низьких режимах, та використовувати пальники, які споживають менше газу та мають нижчий тиск перед пальником. Так, за результатами проведеного розрахунку, котел, обладнаний газовими пальниками із меншою витратою газу та меншим тиском перед пальником забезпечить надійну роботу котла при температурі зовнішнього повітря до позначки -12°C , що позитивно вплине на рентабельність виробництва. Враховуючи те, що згідно аналізу погодно-кліматичних умов, протягом опалювальних періодів останніх років температура зовнішнього повітря практично не опускається нижче -12°C , то більш доцільним є встановлення пальників із номінальною витратою тиску перед пальником 8000 Па та номінальною витратою газу 800 м³/год на котел.

4.4. Розрахунок продуктів згорання природного газу.

Виробництво теплової енергії супроводжується спалюванням природного газу. Горіння палива є окислювальним процесом, що протікає між горючими речовинами палива і окислювачем, в якості якого найчастіше використовується кисень повітря[32].

Процес окислення горючих складових палива представляє складне явище, точний опис якого простими рівняннями не представляється можливим. Проте, основні величини, що цікавлять нас, такі як:

- необхідна кількість повітря, що бере участь в горінні;
- кількість продуктів згорання, що утворилися;
- кількість теплоти, що виділилася, можуть бути представлені стереометричними рівняннями хімічних реакцій[32].

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		114

Під теоретично необхідною кількістю повітря розуміють кількість повітря, що необхідно для повного окислення 1 м³ газоподібного палива. При цьому вважають, що кисень також витрачається на окислення горючих компонентів.

Визначаю теоретичну потребу повітря необхідного для спалювання 1 м³ природного газу виходячи з відомого складу палива:

$$V_T = 0.0476 * (2 * CH_4 + 3.5 * C_2H_6 + 5 * C_3H_8 + 6.5 * C_4H_{10} + 8 * C_5H_{12} + 9 * C_6H_{14} + 0.5H_2)$$

(4.23)

$$V_T = 0.0476 * (2 * 84.608 + 3.5 * 8.691 + 5 * 0.787 + 6.5 * 0.038 + 8 * 0.086 + 9 * 0.247) = 9.840 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Визначаю об'єм продуктів згорання за нормальних умов за формулою:

$$V_{пз} = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2}, \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (4.24)$$

де

V_{CO_2} – теоретичний об'єм діоксиду карбону у продуктах згорання,

V_{H_2O} - об'єм водяної пари;

V_{N_2} - об'єм азоту у продуктах згорання;

V_{O_2} - об'єм кисню у продуктах згорання;

Теоретичний об'єм сухих трьохатомних газів:

$$V_{CO_2} = 0,01 * (CO_2 + CO + \sum m C_m H_n) \quad (4.25)$$

$$V_{CO_2} = 0,01 * (2.921 + 1 * 84.608 + 2 * 8.691 + 3 * 0.787 + 4 * 0.038 + 5 * 0.086 + 6 * 0.247) = 1.09 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Теоретичний об'єм водяних парів складе:

$$V_{H_2O} = 0.01 * \left(H_2S + H_2 + 2 * CH_4 + \sum \frac{n}{2 C_m H_n} \right) + 0,0124 * d + 0.0161 V_T \quad (4.26)$$

$$V_{H_2O} = 0.01 * (0 + 2 * 84,608 + 3 * 8,691 + 4 * 0,787 + 5 * 0,038 + 6 * 0,086 + 7 * 0,247) + 0.0124 * 5 + 0.0161 * 9.84 = 2,23 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Теоретичний об'єм азоту:

$$V_{N_2} = 0.79 * V_m + 0,01 * N_2 \quad (4.27)$$

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

$$V_{N_2} = 0.79 * 9.84 + 0,01 * 2.611 = 7.774 + 0.026 = 7.80 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

При розрахунках враховуємо коефіцієнт надлишку повітря, який становить 1,35

Надлишкова кількість повітря, що подається на практиці призводить до збільшення в продуктах згорання об'єму азоту.

$$V_{N_2}^{\partial} = V_{N_2} + 0,79 * (\alpha - 1) * V_m = 7,80 + 0,79 * (1,35 - 1) * 9,84 = 10,52 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \text{ (4.28)}$$

Визначаємо дійсний об'єм водяних парів

$$V_{H_2O}^{\partial} = V_{H_2O} + 0,0161 * (\alpha - 1) * V_m = 2.23 + 0,0161 * (1,35 - 1) * 9,84 = 2.28 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Крім того в продуктах згорання з'являється кисень

$$V_{O_2}^{\partial} = 0,21 * (\alpha - 1) * V_m \quad (4.30)$$

$$V_{O_2}^{\partial} = 0,21 * (1,35 - 1) * 9,84 = 0,72 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Визначаю дійсний обсяг продуктів згорання :

$$V_{пз} = 1,09 + 2,28 + 10,52 + 0,72 = 14,61 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

Склад продуктів згорання:

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2} * 100}{V_{пз}} = 1,09 / 14,61 * 100 = 7,5\%; \quad (4.31)$$

$$H_2O = \frac{V_{H_2O} * 100}{V_{пз}} = 2,28 / 14,61 * 100 = 15,6\% \quad (4.32)$$

$$O_2 = \frac{V_{O_2} * 100}{V_{пз}} = 0,72 / 14,61 * 100 = 4,9\% \quad (4.33)$$

$$N_2 = \frac{V_{N_2} * 100}{V_{пз}} = 10,52 / 14,61 * 100 = 72,0\%. \quad (4.34)$$

4.5. Розрахунок газоходів (повітроводів), підбір вентиляторів та димососів

Вентилятор і димосос повинні надійно забезпечувати подачу необхідного для горіння палива повітря в топку і видалення продуктів його згорання з котла при всіх режимах його роботи, підтримуючи задане постійне розрідження або тиск в топці. При цьому на привід вентилятора і димососа повинно витрачатися мінімально можлива кількість електроенергії.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		116

Основними параметрами, що визначають вибір вентилятора і димососа, є необхідна їх подача і тиск при номінальному навантаженні котла [36].

Продуктивність дут'євого вентилятора визначаю за формулою:

$$V_g = \beta_1 * B_g * V_m * a * \frac{t_g + 273}{273}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.35)$$

де

$\beta_1 = 1,1$ – коефіцієнт запасу з продуктивності;

B_g – розрахункова витрата палива, мЗ/год;

V_m – кількість теоретично необхідного повітря, мЗ/мЗ;

a – коефіцієнт надлишку повітря в топці, який приймається на рівні 1,4;

t_g – температура повітря приймається $t_g = 20$ °С.

$$V_g = 1,1 * 1100 * 9,84 * 1,4 * \frac{20 + 273}{273} = 17\,890 \text{ м}^3/\text{год}$$

Таким чином, продуктивність дут'євого вентилятора складає 17 890 м³/год.

Продуктивність димососу визначаю за формулою:

Розрахункова продуктивність димососа, мЗ/год, обчислюється за формулою:

Q

$$V_d = \frac{1,1 * B_g * V_{пз} * (t_{від.г} + 273)}{273}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.36)$$

де

1,1 - коефіцієнт запасу;

B_g - номінальні витрати природного газу, нм³/год;

$V_{пз}$ - питомий об'єм продуктів згорання, нм³/нм³;

$t_{від.г}$ - температура відхідних газів, згідно технічного паспорту котла ТВГ-8М, після модернізації, °С

$$V_d = \frac{1,1 * 1100 * 14,61 * (160 + 273)}{273} = 28039 \text{ м}^3/\text{год}$$

Далі переходжу до розрахунку повітроводів по яких повітря від вентилятора надходить до котла, та газоходів по яких вихідні гази виводяться в атмосферу.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		117

За даними Довідника проектувальника[38], враховуючи розраховані витрати продуктів згорання, V_d , за допомогою, даних таблиці 22.15, враховуючи витрати повітря, визначаю діаметр газоходів (повітроводів), швидкість руху повітря, динамічний тиск ($P_{дин}$), втрати тиску (R), та заношу визначені дані до таблиці 21 по ділянках.

Таблиця 21. Розрахунок діаметрів газоходів та повітроводів для котельні по вул. Полтавська, 19 а у м.Гадяч.

ділянки	Витрати продуктів згорання, м ³ /год	Еквівалентний діаметр газоходу, повітроводу, мм	Динамічний опір, $P_{дин}$, кг/м ² згідно даних табл..22.15	Втрати тиску на тертя на 1 м, R , кг/м ² /м, згідно даних табл.22.15	Коефіцієнт місцевого опору на ділянках, згідно даних табл. 22.23, 22.27 22.34	Втрати тиску на місцеві опори, Z , кг/м ² ($Z = \zeta * P_{дин}$)	Довжина, l, м	Загальні втрати тиску на тертя на ділянці, Rl , кг/м ²	Загальні втрати тиску, $Rl+Z$, кг/м ²
розрахунок повітропроводу від вентилятора № 1 до котла №1									
№1	17890	710	10,35	0,2	4,86	50,32	6,46	1,29	51,614
№2	17890	710	10,35	0,2	4,79	49,54	11,28	2,26	51,791
№3	17890	710	10,35	0,2	5,16	53,41	6	1,2	54,606
Тиск повітря перед пальником, кг/м ²									21,00
ВСЬОГО									179,011
розрахунок повітропроводу від вентилятора № 2 до котла №2									
№1	17890	710	10,35	0,2	4,86	50,32	6,46	1,29	51,614
№2	17890	710	10,35	0,2	4,79	49,54	11,28	2,26	51,791
№3	17890	710	10,35	0,2	5,16	53,41	6	1,2	54,606
Тиск повітря перед пальником, кг/м ²									21,00
ВСЬОГО									179,011
розрахунок газоходів від котлів до димової труби									
№1(котла1)	28039	900	10,35	0,152	1,2	12,42	6,7	1,018	13,438
№2(котла1)	28039	900	10,35	0,152	4,1	42,63	8,15	1,239	43,868
№1(котла2)	28039	900	10,35	0,152	1,2	12,42	6,7	1,018	13,438
№2(котла2)	28039	900	10,35	0,152	4,0	41,84	7,65	1,163	43,001
№3(димова труба)	56078	1250	10,35	0,103	3,1	31,98	30	3,09	35,072

Арк.

д6НТ.11393819.МР

118

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Аеродинамічний опір котлів, кг/м ²	75,0
Загальні втрати тиску димососу 1 (котел №1)	167,378
Загальні втрати тиску димососу 2 (котел №2)	166,511

Враховуючи те, що котельня підприємства обладнана газоходами прямокутної форми, а діаметр, згідно довідника проектувальника визначається для круглих газоходів, то визначений діаметр приймається за еквівалентний діаметр, при якому втрати тиску в круглому газоході при тій же швидкості повітря дорівнюють втратам тиску в прямокутному газоході.

Значення еквівалентних діаметрів визначаю за формулою:

$$d_{екв} = \frac{2 \cdot A \cdot B}{A + B}, \text{ мм}, \quad (4.37)$$

де

A, B – розміри прямокутного повітроводу(газоходу), мм

Використовуючи визначений діаметр, визначаю розміри прямокутного газоходу, який шляхом підбору становить: A= 0,76 м, B= 1,1, при визначеному еквівалентному діаметрі - 0,9 м.

Аналогічно, шляхом підбору, використовуючи попередню формулу визначаю і розміри прямокутного повітроводу, згідно з яким A= 0,52 м, B= 1,1 м, при визначеному еквівалентному діаметрі - 0,71 м.

За каталогом, розміщеним на сайті https://ventilator.kiev.ua/promislenni_ukraina_zarubezh/vent_teory.html#radialnie_ventilatori, підбираю оптимальний варіант вентилятора за основними показниками, який забезпечить належну подачу повітря в топку та покращить якість горіння, зменшуючи при цьому втрати теплоти з відхідними газами.

До встановлення прийнято вентилятор ВЦ 14-46 №6,3 з наступними характеристиками:

продуктивність в робочій зоні 10,6-25,5 тис.м³/год;

витрати тиску в робочій зоні 1430-1770 Па;

потужність електродвигуна - 15 кВт;

частота обертів 950 об/хв.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		119

Зовнішній вигляд вентилятора ВЦ 14-46 №6,3 та діаграми з його характеристиками наведені нижче:

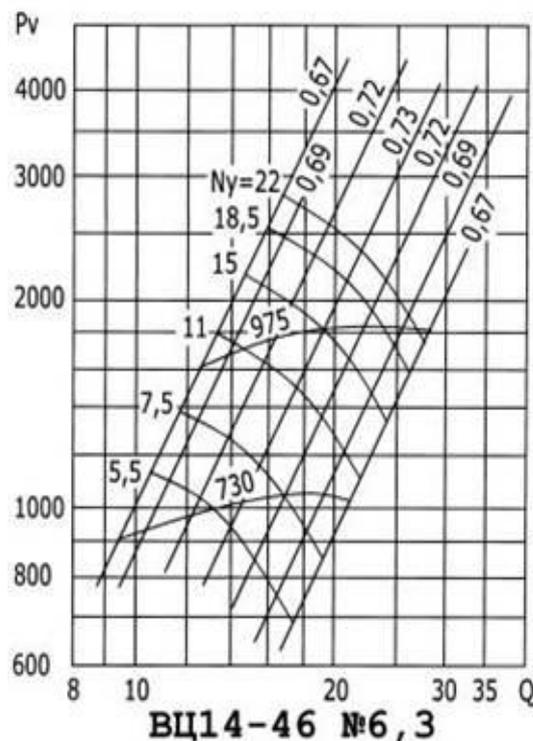


Рис. 17. Зовнішній вигляд та діаграми з характеристиками вентилятора ВЦ 14-46 № 6,3.

На сьогоднішній день на котельні по вул. Полтавська, 19 а у м.Гадяч встановлені вентилятори марки ВДН-10, які мають меншу продуктивність та нижчий тиск, при цьому обсяг споживання електроенергії ж вищим.

Заміна існуючих вентилятор ВДН -10 на вентилятори підібрані, згідно проведених розрахунків дозволить економити електроенергію, так за опалювальний сезон економія при заміні одного вентилятора складе:

$$(22\text{кВт}-15\text{ кВт}) * 24\text{ год} * 180\text{ днів} = 30\ 240\text{ кВт} * 9,60\text{ грн/кВт-год} = 290\ 304\text{ грн.}$$

Згідно інформації розміщеної на сайті <https://www.vent.com.ua>, орієнтовна вартість розрахованого вентилятора дорівнює 61 080 грн, таким чином заміна вентилятора ВДН-10 на ВЦ 14-46 №6,3, з урахуванням демонтажно -монтажних робіт, окупить за один сезон, і в майбутньому, даватиме економію по електроенергії, та позитивно вплине на покращення процесу горіння в топці котла та зменшення вихідних газів в результаті спалювання природного газу.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		120

Далі переходжу до вибору димососу, який згідно розрахованих параметрів забезпечить максимальний витяг димових газів під час роботи теплогенеруючого обладнання за наступними параметрами:

- продуктивність димососа: 28039 м³/год;
- загальні втрати тиску в межах 166,511- 167,378 кг/м²

Згідно даних каталогу, розміщеному на сайті <https://ukrvent.com/dymososy-dn/>, за проведеними розрахунками підбираю димосос ДН 106-39 № 11,2 з наступними характеристиками:

- продуктивність в робочій зоні 8,2-40,5 тис.м³/год;
- витрати тиску в робочій зоні 1115-2390 Па;
- потужність електродвигуна - 22 кВт;
- частота обертів 1000 об/хв.

Зовнішній вигляд димососа ДН 106-39 №11,2 та діаграми з його характеристиками наведені нижче:

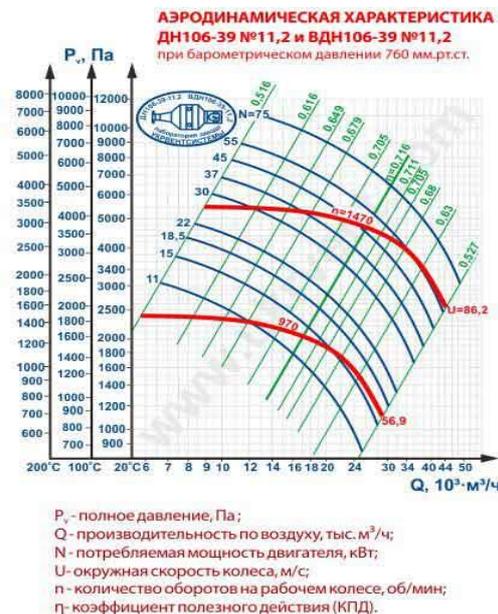


Рис.18. Зовнішній вигляд та діаграми з характеристиками димососу ДН 106-39 №11,2

Заміна існуючого димососа ДН-12,5 із потужністю електродвигуна 40 кВт та напором 290 мм.вод.ст., на розрахований димосос марки ДН 106-39 № 11,2,

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		121

позитивно вплине на зниження витрат електроенергії, та відповідно на зниження собівартості послуг теплопостачання.

Економія електроенергії при заміні димососу становить:

$(40\text{кВт}-22\text{кВт}) * 24 \text{ год} * 180 \text{ днів} = 77760 \text{ кВт-год} * 9,60 \text{ грн/кВт} = 746\,496 \text{ грн.}$

Згідно інформації, розміщеної на сайті <https://ukrvent.com/dymososy-dn/> ціна димососу ДН 106-39 № 11,2 складає 303 552 грн. Заміна існуючого димососу, з урахуванням вартості демонтажно -монтажних робіт, окупиться протягом одного опалювального сезону та дасть можливість економити паливно-енергетичні ресурси в майбутньому, чим зменшить собівартість послуг теплопостачання.

Вірно розрахований та підібраний вентилятор та димосос відіграють важливу роль в процесі виробництва теплової енергії, адже якщо тяга та дуття організовані правильно, то коефіцієнт надлишку повітря в топці буде оптимальним і процес горіння проходитиме максимально ефективно: паливо згорає повністю; відсутній надлишок повітря (в топці немає зон із недоліком кисню), який веде до втрати тепла з вихідними газами; немає нестачі повітря, яка може стати причиною утворення сажі.

4.6. Розрахунок коефіцієнта корисної дії котлоагрегатів котельні.

Навожу вихідні дані для проведення розрахунку ККД, які були отримані в результаті обстеження роботи котла:

Тиск газу – 0,02 кгс/см²

Витрати газу – 391,8 м³/год

Теплопродуктивність - 3,4 МВт

Температура води – 46,5 °С;

Температура води на виході з котла - 78°С

Температура відхідних газів – 115°С

Результати газового аналізу продуктів згорання:

- O₂ - 4,8%;

- CO₂ - 9,1%;

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

Тиск повітря – 1,75 Па

Розрідження у топці котла – 2,4

Ефективність роботи котельні характеризується коефіцієнтом корисної дії генеруючого обладнання.

Відношення корисно використаної теплоти до розміщеної теплоти називається коефіцієнтом корисної дії.

Прямий баланс - за можливості приладового прямого визначення корисно виробленої теплоти.

Для цього необхідно визначити:

- витрати технологічного матеріалу, що обробляється в ПСО або генерується в ПСО (метал, вода, пара....)

- температуру і фізичні властивості технологічного матеріалу.

Зворотний баланс – відсутня можливість приладового визначення корисно виробленої теплоти. Корисна теплота визначається як різниця між підведеним теплом і втратами теплоти в процесі генерування теплоти.

Рівняння теплового балансу котла при усталеному режимі роботи записується так

$$Q_H^P = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (4.38)$$

де Q_H^P – наявна теплота на 1 кг (1 м³) робочого палива, кДж/кг або кДж/м³;

Q_1 – корисно використана теплота, кДж/кг або кДж/м³;

Q_2 – втрати теплоти з відхідними газами, кДж/кг або кДж/м³;

Q_3 – втрати теплоти від хімічної неповноти згорання, кДж/кг або кДж/м³;

Q_4 – втрати теплоти від механічної неповноти згорання, кДж/кг або кДж/м³;

Q_5 – втрати теплоти в навколишнє середовище через огороження котла, кДж/кг або кДж/м³;

Якщо обидві частини рівняння розділити на Q_H^P , то отримаємо

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 = 100\%. \quad (4.39)$$

ККД бруто за прямим тепловим балансом визначається за формулою:

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		123

$$\eta_{\text{бр}} = \frac{Q_1}{Q_{\text{H}}^{\text{P}}} * 100\% \quad (4.40)$$

де, $\eta_{\text{бр}}$ – коефіцієнт корисної дії котлоагрегату брутто, %;

$Q_1 = Q_{\text{кор}}$ – корисна теплота (вироблена теплота);

Q_{H}^{P} - нижня теплота згорання природного газу, згідно сертифікату складає 8291,5354 ккал/м³

Втрата теплоти водогрійним котлом з відхідними газами визначаю за такою формулою:

$$q_2 = 0,01 \cdot (t_{\text{пз}} - t_{\text{пов}}) Z, \quad (4.41)$$

де q_2 - втрата теплоти котлом з відхідними газами, %;

$t_{\text{пз}}$ - температура продуктів згорання (вихідних газів), ° С;

$t_{\text{пов}}$ - температура повітря, що йде на горіння, ° С;

Z - за даними Равича М.Б., становить ($\text{CO}_2 + \text{CO} = 9,08\%$ об) - 5,1

$$q_2 = 0,01 \cdot (115 - 12) * 5,1 = 5,25 \%$$

З наведених розрахунків видно, що втрати теплової енергії з відхідними газами дуже значні, що пояснюється великим значенням надлишку повітря.

Втрати теплоти з хімічним недопалом:

$$q_3 = \frac{3,02 * \text{CO} * \text{CO}_2^{\text{max}}}{\text{CO}_2 + \text{CO}}, \% \quad (4.42)$$

де,

CO_2^{max} - максимально можливий вміст трьохатомних газів в продуктах згорання газу, %;

$$\text{CO}_2^{\text{max}} = 11,75 + 0,01 (2 * \text{C}_2\text{H}_6 + 4 * \text{C}_3\text{H}_8 + 6 * \text{C}_4\text{H}_{10} + 11 * \text{CO}_2^{\text{III}} - 1,5 * \text{N}_2 = 11,947\% \quad (4.43)$$

Визначаю концентрацію CO із балансу продуктів згорання

$$\text{CO} = \frac{21 * (\text{RO}_2^{\text{max}} - \text{RO}_2) - \text{RO}_2^{\text{max}} * \text{O}_2}{21 - 0,4 * \text{RO}_2^{\text{max}}}, \% \quad (4.44)$$

$$\text{CO} = \frac{21 * (11,95 - 9,1) - 11,95 * 4,8}{21 - 0,4 * 11,95} = 0,15\%$$

$$q_3 = \frac{3,02 * 0,15 * 11,95}{9,1 + 0,15} = 0,59\%$$

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		124

Втрати теплоти з механічним недопалом відсутні, тобто

$$q_4 = 0, \%$$

Втрати у довкілля.

$$Q_5^{\text{НОМ}} = \sum_1^M F_i^{\text{ПОВ}} * a_i^{\text{ПОВ}} (t_i^{\text{ПОВ}} - t_{\text{ДОВ}}) 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (4.45)$$

$F_i^{\text{ПОВ}}$ - площа і-тої поверхні котла;

$a_i^{\text{ПОВ}}$ - коефіцієнт тепловіддачі конвекцією і випромінюванням з поверхні огороження;

$t_i^{\text{ПОВ}}$ - температура на поверхні огороження по зонам;

$t_{\text{ДОВ}}$ - температура повітря в котельні

Розрахунок при номінальному режимі роботи.

$$q_5^{\text{НОМ}} = \frac{860 * Q_5^{\text{НОМ}}}{V_{\text{ГОД}}^{\text{НОМ}} * Q_{\text{Н}}^{\text{П}}} * 100, \% \quad (4.46)$$

$Q_{\text{Н}}^{\text{П}}$ – теплота згорання палива в ккал/м3;

$V_{\text{ГОД}}^{\text{НОМ}}$ - годинні витрати палива при роботі агрегата в номінальному режимі.

$$q_5 = q_5^{\text{НОМ}} * \frac{N_{\text{НОМ}}}{N} \cdot \% \quad (4.47)$$

$$a_i^{\text{ПОВ}} = 1.71 * \sqrt[3]{(t_i^{\text{ПОВ}} - t_{\text{ДОВ}})} + \frac{5.12}{(t_i^{\text{ПОВ}} - t_{\text{ДОВ}})} * \left[\frac{(273 + t_i^{\text{ПОВ}}) - (273 + t_{\text{ДОВ}})}{100^4} \right], \text{ Вт/м}^2\text{град} \quad (4.48)$$

$$a_i^{\text{ПОВ}} = 1.71 * \sqrt[3]{(78 - 12)} + \frac{5.12}{(78 - 12)} * \left[\frac{(273 + 78) - (273 + 12)}{100^4} \right] = 6,91 \text{ Вт/м}^2\text{град}$$

$$Q_5^{\text{НОМ}} = 102 * 6,6,91 * (78 - 12) * 10^{-3} = 46,5 \text{ кВт}$$

$$V_{\text{ГОД}}^{\text{НОМ}} = 391,8 \text{ м}^3/\text{год (згідно фактичних даних)}$$

$$q_5^{\text{НОМ}} = \frac{860 * 44,4}{391,8 * 8291,5354} * 100 = 1,18\%$$

Визначення втрат теплоти у довкілля здійснюється з урахуванням величини теплового навантаження. При його зміні величина втрат теплоти змінюється пропорційно відхиленню розрахункового навантаження від номінального. Розрахунок втрат теплоти у довкілля проведено з урахуванням фактичної величини теплового навантаження.

$$q_5 = 1,18 \% * \frac{8,3}{2,9} = 3,38 \%$$

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		125

Розраховуємо ККД водогрійного котла за методом зворотного балансу:

$$\eta_{\text{брутто}} = 100\% - 5,25\% - 0,59\% - 3,38\% = 90,78 \%$$

$$\eta_{\text{нетто}} = \eta_{\text{брутто}} - q_{\text{вл}} \quad (4.49)$$

$$\eta_{\text{нетто}} = 90,78\% - 2,2\% = 88,58\%$$

Таким чином, виходячи з вищевикладеного, видно, що основний котел ТВГ-8М, встановлений на котельні, після модернізації працює у штатному режимі, і має високий ККД. Проте, у зв'язку із підвищенням температури зовнішнього повітря, потреба у тепловій енергії знижується, і як наслідок, котли працюють на низьких режимах, знижуючи ККД, при цьому збільшуючи витрати природного газу та, відповідно, викиди у навколишнє середовище, які напряду залежать від теплового навантаження.

Тому основним завданням, яке ставиться перед підприємством на сучасному етапі є проведення реконструкції котельні, яка полягає у встановленні пальників меншої потужності, що зменшить витрату природного газу, заміні насосного парку, яке призведе до зниження витрат електроенергії та іншого допоміжного обладнання. Все це позитивно вплине на ефективність роботи котельні, дасть змогу отримати значу економію паливно-енергетичних ресурсів та зменшити викиди шкідливих забруднюючих речовин у атмосферу.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		126

ВИСНОВКИ

При написанні магістерської роботи мною було проведено детальний аналіз погодно-кліматичних умов міста Гадяч, які мають особливий вплив на оцінку ефективності роботи теплогенеруючого обладнання, використання паливно-енергетичних ресурсів та, відповідно, вжиття енергозберігаючих заходів, спрямованих на покращення роботи підприємства в цілому.

При визначенні основних показників теплопостачання враховуються стандартні погодні умови, які визначені у нормативній та довідників літературі. Зокрема, розрахунок максимального теплового навантаження на систему теплопостачання здійснюється із урахуванням найбільш холодної п'ятиденки, яка по місту Гадяч, згідно ДСТУ –НБВ 1.1.-27:2010 «Будівельна кліматологія» складає -23°C , тоді як, відповідно, до довідок, виданих Полтавським обласним центром гідрометрології за останні три опалювальні сезони, температура зовнішнього повітря не опускалася нижче показника -15°C , і період стояння найнижчих температур, які знаходяться у проміжку від -15°C до -10°C зменшився з 120 годин до 72 год; також спостерігається зменшення стояння фактичних температур зовнішнього повітря і протягом інших періодів, що призводить до зменшення потреби у тепловій енергії на опалення. Так, згідно довідника В.І.Манюка, загальна тривалість нормативних температур зовнішнього повітря нижче $+8^{\circ}\text{C}$ протягом року складає 4488 год, тоді як фактично протягом опалювального сезону 2021/22 років вона тривала – 3912 год, а протягом 2023/24 років - лише 3456 год.

Також при розрахунках, враховується середня температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон, яка згідно довідником літератури, для міста Гадяч складає ($- 0,7^{\circ}\text{C}$), тоді як фактична середня температура зовнішнього повітря протягом опалювального періоду за останні 5 років нижче позначки ($+ 0,7^{\circ}\text{C}$) не опускалася.

Зміна кліматичних умов в сторону потепління, призводить до скорочення тривалості опалювального сезону та, відповідно, супроводжується зниженням

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		127

обсягів виробництва та споживання теплової енергії, та необхідністю перегляду існуючих нормативних документів, які містять інформацію про стандартні погодні умови, з метою наближення їх до фактичних.

В ході написання роботи було проведено розрахунок теплового навантаження котельні на опалення та гаряче водопостачання, використовуючи різні методики, зокрема за укрупненими показниками питомих витрат теплоти на одиницю об'єму, згідно показників КТМ 204 Україна 244-94 «Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні», та згідно фактичних даних показників приладів обліку теплової енергії, тривалості опалювальних періодів та середньої температури зовнішнього повітря за відповідний сезон.

За результатами розрахунків було встановлено, що розраховане теплове навантаження на опалення становить 8,01 Гкал/год, і є наближеним до показника, розрахованого за останні три опалювальні сезони та складає 7,39 Гкал/год, що підтверджує вірність проведених розрахунків, тоді як встановлена потужність котельні по вулиці Полтавська, 19 а у м.Гадяч складає 16,6 Гкал/год.

Загальна встановлена потужність КППТГ «Гадячтеплоенерго» 38,28 Гкал, приєднана тепла потужність станом на 01.10.2024 року по підприємству - 13,2 Гкал/год, що пояснюється зменшенням кількості споживачів, шляхом відключення, а також відсутністю будівництва нових об'єктів у місті Гадяч в останні періоди.

Відповідно до визначеного теплового навантаження за допомогою графіку витрати теплоти на опалення залежно від тривалості стояння температур було визначено необхідну кількість теплової енергії на потреби опалення. При нормативній температурі, розрахунковий загальнорічний обсяг теплоти складає 14 052 МВт-год, при фактичній температурі -10 318 МВт-год, тоді як фактичний обсяг витрат за опалювальний сезон 2023/24 років - становить 12 076 МВт-год.

Враховуючи зміну кліматичних умов в сторону підвищення температури зовнішнього повітря, та необхідність надання послуг з постачання гарячої

					дБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		128

відповідної кількості та належної якості, котельня, повинна працювати в режимі «перетопу», тобто за температурним графіком теплової мережі «із зрізкою» в точці зламу. Згідно даних фактичних котельні протягом поточного опалювального сезону це період, коли температура зовнішнього повітря тримається в інтервалі від +1°C до +8°C. Робота котельні в режимі «перетопу» призводить до збільшення відпуску теплоти, та, як наслідок, до зростання обсягів споживання природного газу, які не мають джерел покриття.

Постійне зменшення кількості споживачів послуг з постачання гарячої води, через відмову від послуг або облаштування у своїх квартирах бойлерів, призводить до зниження потреби у теплоті та зменшення сум нарахування за надані послуги, які не покривають фактичні витрати на послуги з постачання гарячої води, та обсяг надлишкової теплової енергії, яка виникає при відпуску вищевказаних послуг.

Враховуючи вищевикладене, я вважаю, що доцільно відмовитися від послуг з постачання гарячої води, що позитивно вплине на якість послуг опалення та дозволить працювати котельні за температурним графіком без зрізки, що зменшить витрати теплоти та природного газу. Згідно фактичних даних за опалювальний період 2023/24 років, таке зменшення становить 2820,6МВт-год або на 412,5 тис.м³.

За таких умов, доцільно запропонувати споживачам, які користуються послугам постачання гарячої води, встановити у своїх квартирах бойлери, навіть за рахунок власника підприємства, які окупляться за один рік, що значно зменшить витрати підприємства в майбутньому та покращить його фінансовий стан.

При написанні магістерської роботи мною проведено гідравлічний розрахунок теплових мереж, встановлено розрахункові діаметри трубопроводів, визначено втрати тиску при постачанні теплової енергії, як по трубопроводах із розрахованими діаметрами, так і з фактичними, а також підібрано мережний насос.

					<i>ДБНТ.11393819.МР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		129

Користуючись проведеними розрахунками, визначено найбільш оптимальний варіант технічного рішення реконструкції теплових мереж та котельного обладнання, який включає теплову мережу із економічними діаметрами меншого розміру, розраховану згідно гідравлічного розрахунку та підібраний насос більшого напору та більшої потужності для розрахованих мереж з напором понад 7 атм., марки Wilo Atmos GIGA-N 100/250-B-IE4, при цьому визначено оптимальну величину питомих втрат тиску, яка здвигається вправо і складає 140 Па/м, та перевищує показники, які були враховані при визначенні діаметрів розрахункової теплової мережі та при гідравлічному розрахунку існуючих трубопроводів. На оптимальну величину питомих втрат тиску суттєво впливають капітальні витрати, які для варіанта 3 є найнижчими, у порівнянні з варіантами 1 та 2, і складають 25,647 млн.грн, а також експлуатаційні витрати, які напряму залежать як, від розміру діаметру трубопроводів так і потужності електроустаткування. Згідно наведено аналізу експлуатаційні витрати є також найнижчими для варіанту 3. Обраний варіант дозволить зекономити кошти на придбання електроенергії, і як результат, позитивно вплине зниження собівартості послуг з теплопостачання.

В магістерській роботі особливу увагу приділено аналізу роботи котлів та визначено основні проблеми, а саме: зміна клімату, підвищення температури зовнішнього повітря, хаотичне відключення споживачів від мереж централізованого теплопостачання, впливають на зменшення потреби у тепловій енергії, що використовується на потреби опалення. За таких умов, встановлені на котельні котли, повинні працювати на режимах, нижче мінімальних що негативно відображається на їх роботі та призводить до зниження коефіцієнту корисної дії, збільшення витрат природного газу, зростання обсягу шкідливих викидів у навколишнє середовище, які напряму залежать від теплового навантаження. Також погіршує стан самого теплогенеруючого обладнання, зменшуючи, при цьому, термін його корисної експлуатації.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зв'язку із відсутністю коштів на підприємства для заміни існуючих котлів на котли меншої потужності, при написанні магістерської роботи були запропоновані рішення, які сприяли б вирішенню питання підвищення ефективності експлуатації існуючих котлів марки ТВГ-8М, встановлених на котельні по вул. Полтавська, 19 а, а саме:

- за умови підвищеної температури зовнішнього повітря, котел може працювати двома крайніми пальниками до температури зовнішнього повітря - 2°C з витратами до 268 м³/год і теплопродуктивністю 2,0 Гкал/год;
- встановлення пальників меншої потужності, які забезпечать роботу котла при вищих температурах зовнішнього повітря та зменшать номінальні витрати природного газу котлом з 1100 м³/год до 800 м³/год.;
- заміна існуючих вентиляторів та димососів на розраховані покращить процес горіння в топці котла, знизить втрати тепла з відхідними газами, зменшить викиди шкідливих речовин в атмосферу, а також призведе до зниження обсягів споживання електроенергії, за рахунок використання електродвигунів меншої потужності. Розрахована економія заміни вентилятора та димососа, що обслуговує один котел ТВГ-8 М, протягом опалювального сезону складає 108 тис.кВт-год.

Всі перелічені заходи з реконструкції теплових мереж та котельного обладнання котельні по вулиці Полтавська, 19 а у місті Гадячі, запропоновані в ході написання магістерської роботи, позитивно позначаються на роботі об'єкту дослідження, підвищать його ефективність, шляхом зменшення витрат паливно-енергетичних ресурсів, втрат в теплових мережах, викидів шкідливих забруднюючих речовин в повітря, знизять, собівартість послуг з теплопостачання та покращать фінансовий стан підприємства.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж.
2. Методики визначення витрат та втрат паливно-енергетичних ресурсів для врахування в тарифах на теплову енергію, її виробництво, транспортування та постачання, затверджених Постановою НКРЕКП від 20.09.2022 року № 1188.
3. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. «Теплові мережі».
4. ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні».
5. ДСТУ-Н Б В .1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
6. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
7. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні, КТМ 204 України 244-94 – Київ – 2001 – 376с.
8. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей. В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б.Хиж, А.И.Манюк, В.К.Ильин, - 2-е изд.перераб. и доп.- М.:Стройиздат -1982 -215с.
9. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей под ред. А.А.Николаева - М:Стройиздат - 1965 – 358 с.
10. Алабовський О.м, Боженко М.Ф., Хоренженко Ю.В. Проектування котелень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР. Навчальний посібник- К.: Вища школа – 1992-207 с.
11. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Теплопостачання житлового району міста», для студентів денної та заочної форми навчання. – Полтава, Полт.НТУ – 2005 – 34 с.
12. Методичні вказівки до виконання курсового проекту та практичних занять з навчальною дисципліни «Теплопостачання» № 03-02-396 М - Рівне -2021 -36 с.
13. В.А.Ковальчук, Т.С.Мацнева. Теплопостачання. – Рівне – 2013 -301с.
14. Малявіна О.М., Міланко В.А. Теплопостачання. Конспект лекцій, Харків - ХНУМГ ім.О.М.Бекетова, 2023.

					ДБНТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		132

15. Козин В.Е., Левина, Г.А. и др.. Теплоснабжение – М.: Высшая школа - 1980-169 с.
16. Боженко М. Ф., Сало В. П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. К. ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”. -2004- 192 с.
17. Підвищення ефективності роботи систем централізованого теплопостачання основний спосіб скорочення витрат палива в умовах нового опалювального періоду 2022/2023 рр ." Колієнко Анатолій Григорович, Інститут місцевого розвитку, м. Київ від 27.10.2022 року) http://hrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.mdi.org.ua/images/2022/27-10-22_presentation_KAG.pdf .
18. Колієнко А., Супрун Т., Шеліманова О. Оптимізація системи відпуску теплоти. Інтернет ресурс: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/10144>
19. Визначення розрахункових витрат теплоти на потреби опалення. А. Колієнко, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, - Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Випуск № 9 – 31.03.2017. Інтернет –ресурс: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://library.knuba.edu.ua/books/zbirnik/21/2017_9/20.pdf .
20. Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Температурно-погодні фактори теплопостачання. Інтернет ресурс: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/946a4142-df2e-446f-ad2f-15a1fef236a9/content>.
21. О.О.Алексахін. Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплопостачання. Монографія – Харків-2010-136 с.
22. Теплові мережі : навч. пос. – Н. Д. Степанова. – : Вінниця : ВНТУ. - 2009. - 135 с.
23. П.М.Єнін, Н.А.Швачко. Теплопостачання, К., Кондор – 2007 – 242с.
24. Нечепуренко Д.С., Данилова Т.В. Дослідження секторів централізованого теплопостачання країн Європи та України , УДК 65.059.7. Інтернет ресурс

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		133

25. Стан та шляхи розвитку систем централізованого теплопостачання в Україні . І.М.Карп, Є.Є.Нікітін, К.Є. Пяних та інші - К.: Наукова думка – 2021 -264 с.
26. Міські інженерні мережі та споруди, В.О.Шадуора, С.Ю.Мартинов, В.О.Орлов, Навчальний посібник – Рівне – 2010-10с.
27. Рапава Н.Б. Упровадження енергозберігаючих заходів у системі теплопостачання. УДК 658.264, 2013. Інтернет ресурс.
28. Централізоване теплопостачання . Методичні вказівки до курсового проекту. Укладачі: Худенко А.А., Швачко Н.А., Лисицький М.Ф., Приймак О.В., К: КНУБА, 2003- 56с.
29. Пальникові пристрої та обладнання. Колєінко А.Г., Полтава, НУ «Полтавська політехніка» - 2022-76 с.
30. Прикладна фізика горіння та вибуху. Конспект лекцій. Укладач: С.М.Тимофіїв – Суми: Сумський державний університет – 2021 -141 с.
31. Зменшення втрат тепла в теплових мережах із попередньо ізольованими трубопроводами., В.І.Венгильовський, УДС 697.34, інтернет ресурс.
32. Конспект лекцій з дисципліни «Паливо та основи теорії горіння» Черкасов О.І., Кузьменко А.А., Назаренко І.А., Каюков Ю.М. Запоряжжя: НУ Запорізька політехніка – 2023 - 78 с.
33. Інтернет-ресурс: <https://www.ter-en.com/ua/calculation>.
34. Кошельник В.М. Тепловий баланс парогенераторів промислових підприємств. Харків, ХП - 1985 – 28с.
35. Інтернет –ресурс: Дросельна шайба: конструкція пристрою, розрахунки та налагодження. Будівництво та ремонт від 04.12.2024 року.
36. Розрахунки теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. С.М. Ткаченко, М.М.Чепурний, Д.В. Степанов. Навчальний посібник. Вінниця:СНТУ-2005-137с.
37. Побудова графіка тривалості теплового навантаження (графіка Росандера) для регіонів України. Крамар В.Г., Комунальна та промислова енергетика, відновлювальна енергетика, енергоефективність, Пром.техінка 2018 т.40 №4.

					06НТ.11393819.МР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		134

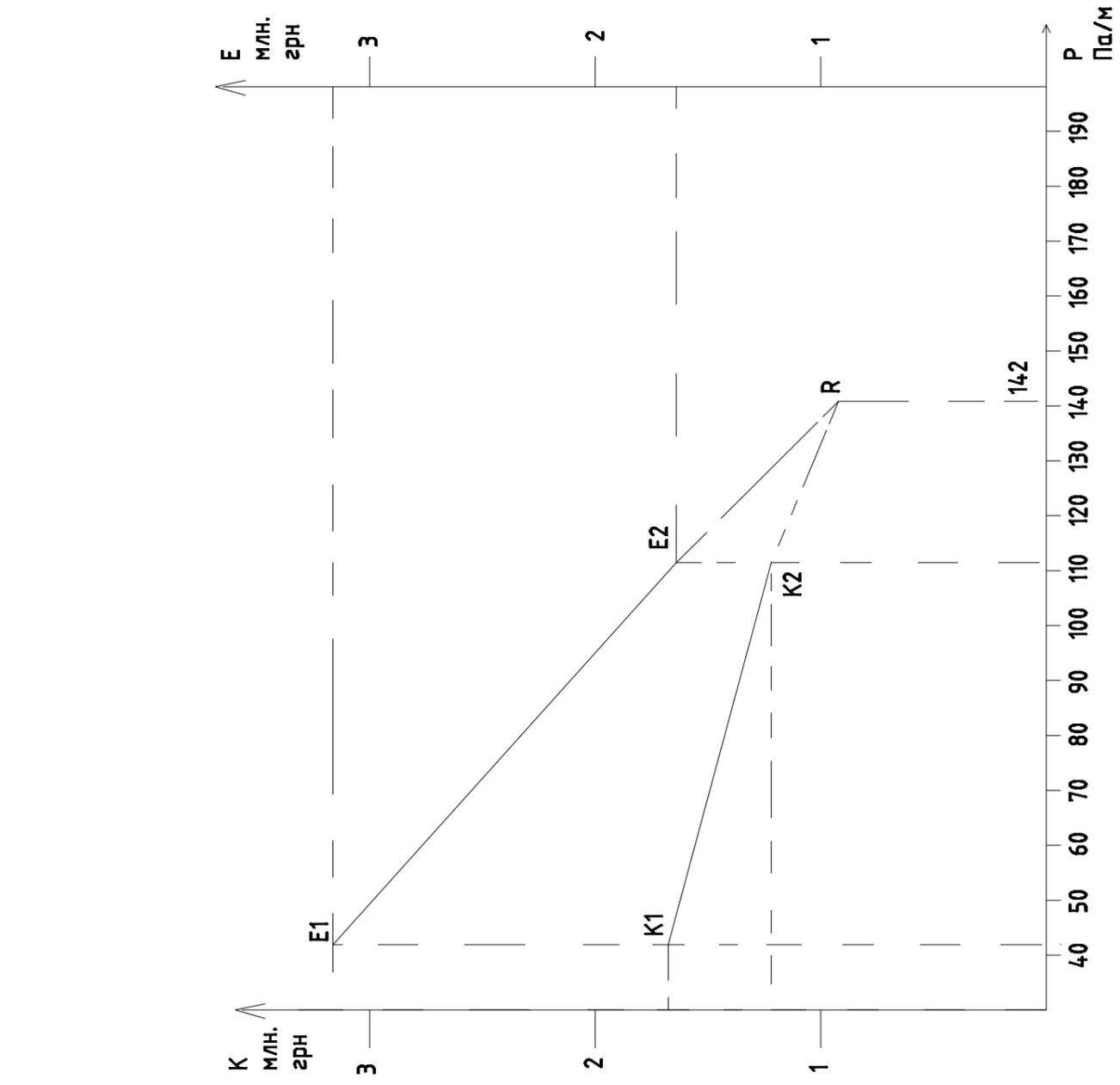
38. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. В. Баркалов, Н. Н. Павлов, С. С. Амирджанов и др., -4-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1992.-416 с.

					<i>ՃԵՆՏ.11393819.ՄՐ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		135

ПЕРЕЛІК МАТЕРІАЛІВ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ

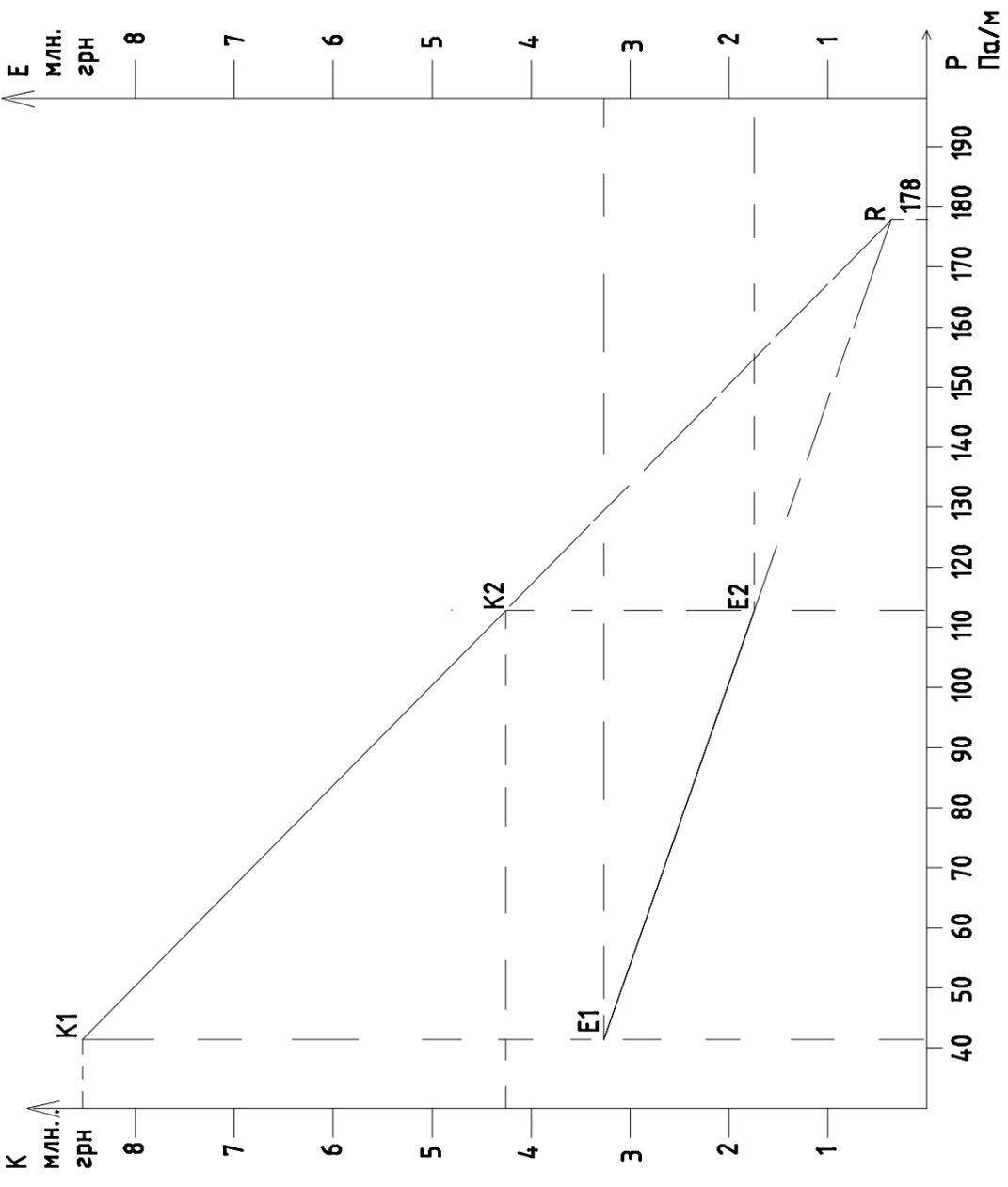
№ аркуша	Найменування	Кількість аркушів
1	Генеральний план населеного пункту з нанесенням теплових мереж.	2
2	Розрахункова схема теплових мереж.	2
3	Фактична схема теплових мереж.	2
4	Графіки витрат теплоти. Температурний графік відпуску теплоти.	1
5	П'єзометричний графік для розрахункової теплової мережі по напрямку: котельня по вул. Полтавська, 19 а – вул. Полтавська, 44.	1
6	П'єзометричний графік для фактичної теплової мережі по напрямку: котельня по вул. Полтавська, 19 а – вул. Полтавська, 44.	1
7	Графіки визначення оптимальної величини питомих втрат тиску для металевих та попередньо ізольованих трубопроводів.	1
8	Принципова тепла схема котельні по вул. Полтавська, 19 а у м.Гадяч	1
9	План котельні по вул. Полтавська, 19 а у м.Гадяч.	1
10	Розрізи котельні по вул. Полтавська, 19 а у м.Гадяч.	1
11	План розміщення пальника. Креслення газового пальника.	1
12	Аксонметрична схема газопостачання.	1
13	Аксонметрична схема повітропроводів	1
14	Аксонметрична схема газоходів	1

Графіки визначення оптимальної величини питомих витрат тиску для металевих та попередню ізовованих трубопроводів



Графік визначення оптимальної величини питомих витрат тиску для металевих трубопроводів

- K** – капітальні витрати, МЛН.зрн
- E** – експлатаційні витрати, МЛН.зрн
- P** – витрати тиску, Па/м
- R** – оптимальна величина тиску, Па/м

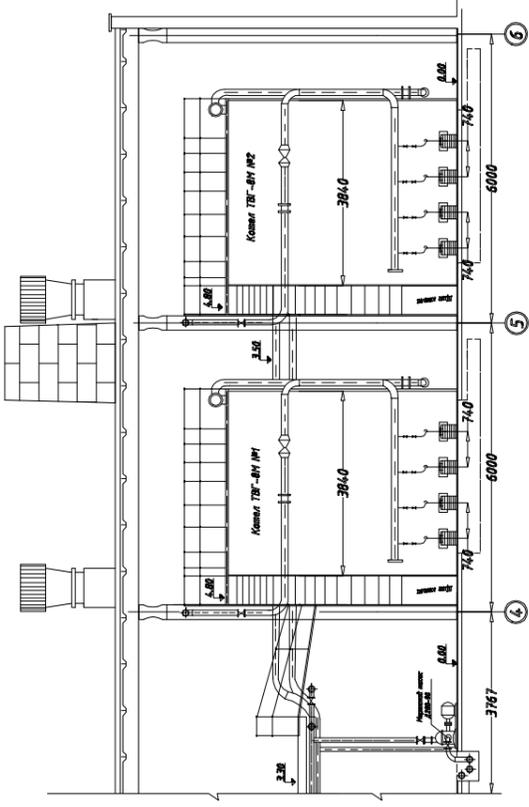
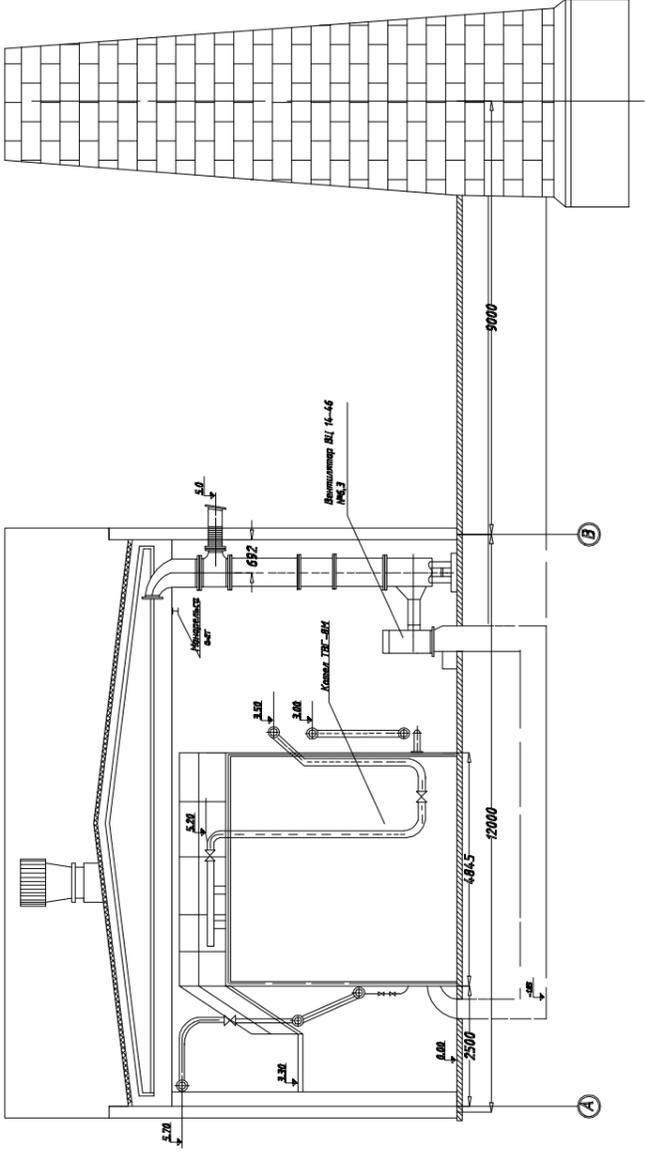


Графік визначення оптимальної величини питомих витрат тиску для попередню ізовованих трубопроводів

2025	Реконструкція котельні і системи централізованого теплопостачання М.Гадяч				86НТ.11393819.МР	
	Зн.	Кльк.	Арк.	№вок.	Піблис	Дата
	Розробів	Блоха О.М	Колієнко А.Г.			
	Перевірів					
	Н.Контроль					
	Зав.кафедр	Голік Ю.С				
	Графіки визначення оптимальної величини питомих витрат тиску для металевих та попередню ізовованих трубопроводів				Національний університет «Полтавське політехнічне імені Юрія Кондратюка» кафедр ТГВ та Т	

Погодження:	Зак. №01/МР	Піблис і дата	№01/МР
-------------	-------------	---------------	--------

Розрізу котельні по бул. Полтавська, 19 а



Підписано:

Інв.№ ар.	Підпис і дата	Зам.Інв.№
-----------	---------------	-----------

2025							
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		
Розробів	Блоха О.М						
Перевірів	Коліска А.Г.						
Н.контроль							
Зав.кафедри	Голік Ю.С						

66НТ.11393819.МР Реконструкція котельні і системи централізованого теплоснабдження м.Гадяч							
Розрізу котельні по бул. Полтавська, 19 а		Склад		Архив		Архив	
Национальний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		Р					

