Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри
_____
«_8_» ___06___ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Переобладнання водогрійної котельної потужністю 30,26 МВт для району Липки м. Винниця з розробкою системи газопостачання.

Виконав: студент групи 47-ТЕ-22з
_____ ***Левкович С.Г.***
(підпис)

Керівник роботи:
к.т.н., професор кафедри ЕІ та РС ПННІ НУК
(посада, науковий ступінь, вчене звання)
_____ ***Димо Б.В.***
(підпис)

Первомайськ - 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»
Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»
Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми
_____
(підпис)
«23» 02 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Левковичу Сергію Геннадійовичу
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Переобладнання водогрійної котельної потужністю 30,26 МВт для району Липки м. Винниця з розробкою системи газопостачання.

Керівник роботи к.т.н. професор кафедри ЕІ та РС Димо Б.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 19 від « 19 » 02. 2026року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедру: 05.06.2026

3. Вихідні дані по роботі: Дана котельня повинна забезпечувати навантаження на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання (ГВП) необхідну для комфортного життя людей. Район будівництва має рівний рельєф. Система теплопостачання 4-х трубна, ГВП - відкрита, Т1,Т2 - закрита.

Витрата тепла на опалення – 10,5 МВт
Витрата тепла на вентиляцію – 8,6 МВт.
Витрата тепла на ГВП – 7,6 МВт.
Параметри в теплоносія - гаряча вода 115-70°С
Основний вид палива природний газ $Q_н^р$=35,2 (МДж/м^3)
Резервне паливо мазут М100.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Характеристика призначення та структура об'єкта розробляємої котельної. Мета кваліфікаційної роботи. 2. Розробка теплової схеми котельної, підбір обладнання. 3. Розробка системи газопостачання котельні. 4. Розрахунок системи водопідготовки котельні. 5. Розробка заходів з охорони праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Теплова схема. 2. Компоновка обладнання. 3. Компоновка обладнання переріз. 4. Креслення ГРУ. 5. Креслення котла. 6. Креслення фільтра.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «20» лютого 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика призначення та структура об'єкта розробляємої котельної. Мета кваліфікаційної роботи	9.03.26	
2	Розробка теплової схеми котельної, підбір обладнання	22.03.26	
3	Розробка системи газопостачання котельні	20.04.26	
4	Розрахунок системи водопідготовки котельні	02.04.26	
6	Розробка заходів з охорони праці	16.05.26	
7	Графічна частина	22.05.26	

Студент _____ Левкович С.Г.
(підпис)

Керівник роботи _____ Димо Б.В.
(підпис)

Анотація

У кваліфікаційній роботі розроблено проект водогрійної котельні загальною тепловою потужністю 30,26 МВт. У межах проекту виконано розрахунок та побудову теплової схеми котельні, здійснено гідравлічний розрахунок внутрішніх трубопроводів, підібрано типи і кількість водогрійних котлів, теплообмінного обладнання, а також розраховано та обрано насосні агрегати відповідної продуктивності та напору.

Розроблено систему газопостачання котельні. Виконано гідравлічний розрахунок газопроводу, визначено параметри газової мережі та підібрано відповідне газове обладнання з урахуванням норм безпеки та надійності газопостачання.

Окрему увагу приділено системі водопідготовки: обґрунтовано вибір технологічної схеми водоочищення та розроблено склад устаткування для підготовки води, необхідної для роботи котельного обладнання відповідно до технічних вимог.

У роботі також розглянуто питання охорони праці. Визначено потенційно небезпечні фактори при експлуатації та обслуговуванні котельного обладнання, а також розроблено організаційні та технічні заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

Ключові слова: котельня, теплова схема, вентиляція, теплообмінний апарат, аеродинамічний розрахунок, газопостачання, газова суміш, трубопроводи, циркуляційний насос.

Abstract

In the qualification work, a project for a hot water boiler house with a total thermal capacity of 30 MW was developed. Within the framework of the project, the calculation and construction of the boiler house thermal scheme were performed, a hydraulic calculation of internal pipelines was performed, the types and number of hot water boilers, heat exchange equipment were selected, and pumping units of the appropriate performance and head were calculated and selected.

A gas supply system for the boiler house was developed. A hydraulic calculation of the gas pipeline was performed, the parameters of the gas network were determined, and the appropriate gas equipment was selected taking into account safety standards and reliability of gas supply.

Special attention was paid to the water treatment system: the choice of a technological scheme for water purification was justified and the composition of equipment for preparing water necessary for the operation of boiler equipment was developed in accordance with technical requirements.

The work also considered the issue of labor protection. Potentially hazardous factors during the operation and maintenance of boiler equipment were identified, and organizational and technical measures were developed to ensure safe working conditions.

Keywords: boiler room, thermal scheme, ventilation, heat exchanger, aerodynamic calculation, gas supply, gas mixture, pipelines, circulating pump.

ЗМІСТ

ВСТУП……. 6

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СТРУКТУРА ОБ'ЄКТА РОЗРОБЛЯЄМОЇ КОТЕЛЬНОЇ……... 9

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ, ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ…… 11

2.1. Розрахунок теплової схеми опалювальної котельні…… 11

2.2. Підбір котлів…… 14

2.3. Гідравлічний розрахунок трубопроводів котельні……... 17

2.4. Вибір способу водо підготовки…….. 18

2.5. Підбір теплообмінників…….. 18

2.6. Розрахунок і вибір насосного обладнання…… 21

2.6.1. Підбір мережевого насосу…….. 21

2.6.2. Підбір насосу на рециркуляцію……. 24

2.6.3. Підбір насосу вихідної води……... 27

2.6.4. Підбір циркуляційного насосу на Т4……. 31

2.7. Підбір додаткового обладнання……. 34

2.7.1. Підбір грязьовика для Т2…… 34

2.7.2. Підбір витратомерів…… 34

2.7.3. Підбір регуляторів витрат…….. 35

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ КОТЕЛЬНІ... 37

3.1. Аеродинамічний розрахунок повітряного тракту котельні……. 37

3.2. Розрахунок температурного подовження…… 43

3.3. Розрахунок вибухових клапанів……. 43

3.4. Газопостачання котлової установки…….. 44

3.4.1. Розрахунки параметрів газової суміші…….. 44

3.4.2. Гідравлічний розрахунок газопроводу…….. 47

3.4.3. Підбір устаткування……... 49

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВОДОПІДГОТОВКИ КОТЕЛЬНІ…… 53

4.1. Вибір технологічної схеми обробки…….. 53

4.2. Розрахунок устаткування…… 64

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ…… 74

5.1. Заходи з охорони праці……... 74

5.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників обладнання розташованого в котельній…… 77
5.3. Виробниче освітлення і його розрахунок……. 78
ВИСНОВКИ……. 80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……... 81
ДОДАТКИ…… 83

ВСТУП

Енергетична безпека України є одним з ключових напрямів національної стратегії. Власна ресурсна база країни покриває лише 10–15% її потреб у первинних енергоресурсах, решта — імпортована. Такий рівень залежності у поєднанні з тривалим періодом неефективного споживання енергії сформував значний потенціал для впровадження заходів енергозбереження. Саме тому оптимізація витрат палива й енергії є пріоритетною задачею державної політики в енергетичній сфері.

Близько половини виробленої електроенергії в Україні споживається промисловістю, що відкриває значні можливості для зниження енергоспоживання шляхом модернізації виробництв і впровадження сучасних енергоефективних технологій. Основними векторами подолання енергетичної кризи є: активне впровадження енергозберігаючих заходів, використання місцевих видів палива, розвиток малої енергетики (зокрема міні-ТЕЦ і локальних котелень), оновлення старих теплоелектроцентралей, а також будівництво нових АЕС.

Котельні великої потужності, що залишилися у спадок від радянського періоду, втратили свою рентабельність. Їх утримання потребує значних фінансових витрат через зношеність обладнання та неефективність. У сучасних умовах їм на зміну прийшли малі локальні котельні, які мають менші капітальні вкладення, короткий строк окупності й нижчу собівартість відпущеної теплоти.

Сучасні модульні котельні можуть використовуватись як для опалення житлових, так і для виробничих приміщень. Завдяки широкому діапазону потужностей їх застосовують на різноманітних об’єктах — від дитячих садків до мікрорайонів. Перевагою таких систем є висока ступінь автоматизації, що дозволяє здійснювати керування з використанням сучасних цифрових технологій без потреби у великому штаті обслуговування.

У межах роботи розглядається теплозабезпечення житлово-комунального сектора мікрорайону Липки у місті Вінниця. Проведено теплотехнічний і гідравлічний розрахунок теплової схеми котельні, підібрано кількість та тип

водогрійних котлів, виконано розрахунки паливоподачі, аеродинаміки й водопідготовки. Окрема увага приділена питанням автоматизації технологічних процесів, забезпеченню безпеки праці при експлуатації котельного обладнання, а також екологічним аспектам діяльності котельні.

Мета дослідження

Обґрунтування та розрахунок ефективної теплогенеруючої установки — водогрійної котельні, що забезпечить надійне та економічне теплозабезпечення мікрорайону Липки у місті Вінниця, з урахуванням сучасних вимог до енергозбереження, автоматизації та екологічної безпеки.

Завдання дослідження

Проаналізувати сучасний стан енергетичної сфери України та роль локальних котелень у системі теплопостачання.

Визначити теплові навантаження об’єкта та сформувати теплову схему котельні.

Виконати підбір кількості, типу та основних технічних параметрів котельного обладнання.

Здійснити теплотехнічний та аеродинамічний розрахунок котлів.

Розрахувати систему водопідготовки, підібрати обладнання.

Розробити заходи з автоматизації роботи котельні.

Визначити вимоги до охорони праці та екологічної безпеки при експлуатації котельні.

Об’єкт дослідження

Система теплопостачання мікрорайону Липки у місті Вінниця.

Предмет дослідження

Процес проєктування та розрахунку водогрійної котельні, включаючи вибір обладнання, розрахунок теплових навантажень, автоматизацію, заходи з енергозбереження та екологічної безпеки.

Методи дослідження

Аналітичний метод — для аналізу нормативної бази, технічної літератури та сучасних рішень у сфері теплопостачання.

Інженерні розрахунки — для визначення параметрів теплових навантажень, підбору котлів, насосів, теплообмінників, водопідготовки.

Порівняльний метод — для оцінки різних варіантів технічного оснащення котельні.

Графоаналітичний метод — для побудови теплових і гідравлічних схем.

Системний підхід — при інтеграції різних інженерних рішень у комплексну систему теплопостачання.

Очікувані результати

Розроблено проєкт котельні, здатної забезпечити стабільне теплозабезпечення мікрорайону Липки.

Обґрунтовано вибір основного та допоміжного обладнання з урахуванням енергетичної ефективності.

Представлено теплові, гідравлічні та аеродинамічні розрахунки основних елементів системи.

Запропоновано сучасні рішення для автоматизації процесів та підвищення безпеки експлуатації.

Надано рекомендації щодо зниження негативного впливу на довкілля та забезпечення охорони праці.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СТРУКТУРА ОБ'ЄКТА РОЗРОБЛЯЄМОЇ КОТЕЛЬНОЇ

Житловий район Липки розташований у місті Вінниця, охоплює територію площею 33,5 км² та налічує понад 40 тисяч мешканців. Історично територія району бере свій початок біля сучасного насіннєвого заводу. Назва «Липки» пов’язана з масовими насадженнями лип, які з’явилися близько трьох століть тому. У XIX–XX століттях військовими інженерами було облаштовано нові шляхи, вздовж яких висаджували дерева, створюючи зелені коридори, що простягалися до сучасного Хмельницького (раніше – Проскурова). На жаль, у межах міста автентичні липи не збереглися – вони були знищені, і лише за межами населеного пункту можна побачити залишки тих насаджень.

На сьогодні район активно розвивається у межах сучасної міської інфраструктури. Зокрема, велику увагу приділено благоустрою та комунальному обслуговуванню. Протягом останнього року в районі було ліквідовано 17 стихійних сміттєзвалищ, приведено до ладу понад 600 прибудинкових територій, оновлено дитячі майданчики, а також виконано комплексні заходи з очищення скверів, парків, кладовищ та прилеглих до соціальних установ територій. У межах екологічної кампанії «Зелена весна – 2021» до прибирання долучилося понад 20 тисяч мешканців.

Здійснювалися планові ремонтні роботи дорожньої мережі, очищення проїжджої частини та тротуарів, а також підготовка інженерних комунікацій до осінньо-зимового періоду – зокрема, систем централізованого опалення, водопостачання, бойлерного обладнання тощо.

Враховуючи активну житлову забудову у районі Липки, що включає зведення 9-поверхових будинків, постала потреба у модернізації теплогенерувального обладнання. Прийнято рішення про реконструкцію локальної водогрійної котельні до потужності 30,26 МВт. Вона має забезпечити надійне теплопостачання об’єктів житлового фонду з урахуванням потреб у опаленні, вентиляції та гарячому водопостачанні.

Запроектована система теплопостачання є чотиритрубною: контури опалення (Т1, Т2) реалізовані за закритою схемою, тоді як ГВП – за відкритою. Основне теплове навантаження розподіляється наступним чином:

Опалення – 10,5 МВт

Вентиляція – 8,6 МВт

Гаряче водопостачання – 7,6 МВт

В якості теплоносія використовується гаряча вода з температурними параметрами 115–70 °С. Основним видом палива є природний газ із низькою теплотою згоряння Q_n^r = 35,2 МДж/м³, а резервним – мазут марки М100.

Проектування виконано з урахуванням кліматичних умов, характерних для цього регіону. Зокрема:

температура найбільш холодної п’ятиденки – мінус 26 °С;

середня температура найхолоднішого місяця – мінус 10,5 °С;

середня температура опалювального періоду – мінус 5,2 °С;

середня температура теплого періоду року – +8 °С;

тривалість опалювального періоду – 220 діб;

джерело водопостачання – річка.

Запропоноване технічне рішення дозволить забезпечити безперебійне теплопостачання новозбудованого мікрорайону, з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності, екологічної безпеки та комфорту проживання.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕПЛОВОЇ СХЕМИ КОТЕЛЬНОЇ, ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ

2.1. Розрахунок теплової схеми опалювальної котельні

На рис. 2.1 приведений графік, який служить для визначення температури визначення точки зламу. Отримана температура - 10 градусів.

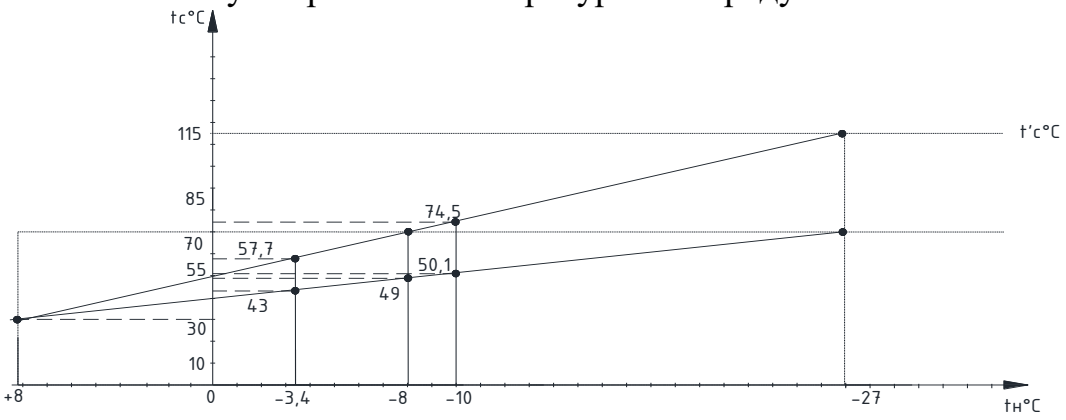


Рис. 2.1. Визначення точки зламу

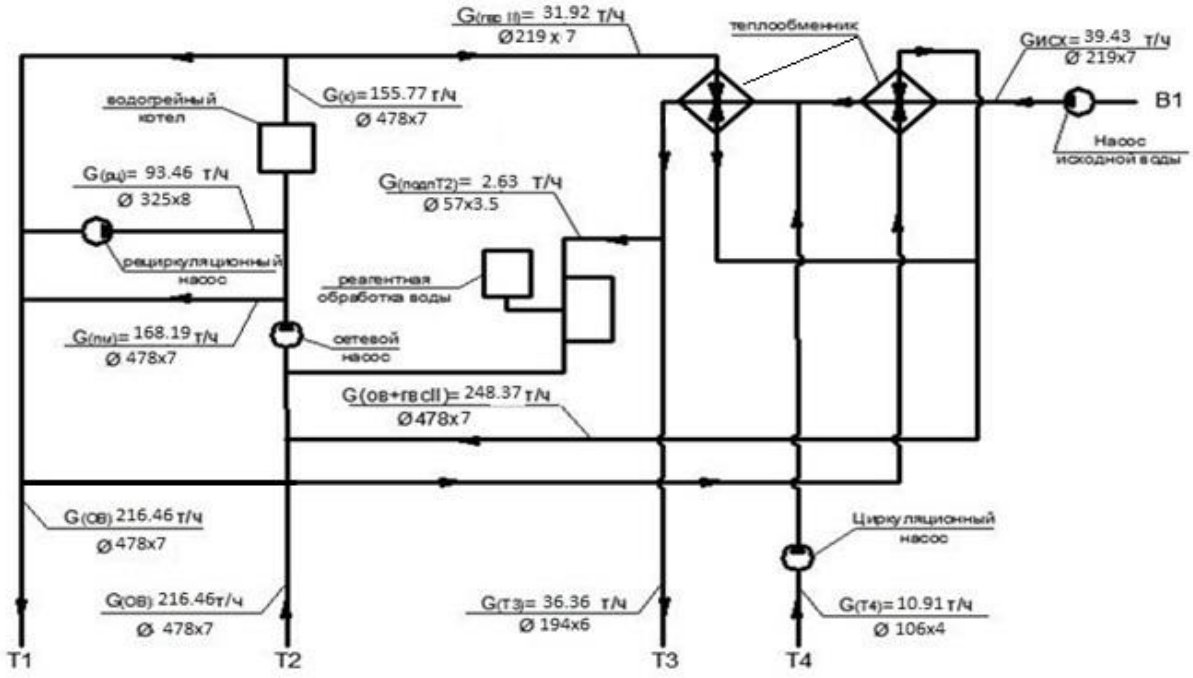


Рис. 2.2. Розрахункова схема водогрійної котельні

Теплові навантаження по видам споживання приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Теплові навантаження по видам споживання

Найменування навантаження	Вода					
		Режими				
	Графік температурний	-26	-7,8	-1,8	-10	8
Опалення і вентиляція, МВт	115-70	19,10	11,54	9,05	12,46	0
ГВП, МВт	60	7,60	7,60	7,60	7,60	6,23
Технологія, МВт	-	0	0	0	0	0
Сумарне навантаження, МВт	-	26,70	19,14	16,65	20,06	6,23

Таблиця 2.2

Розрахунок теплової схеми котельні

№ з.п.	Параметри	Метод визначення	Величина				
			зимовий	серед. найб. хол. міс.	серед. опал. у	точка зламу	літній
1	2	3	4	5	6	7	8
Вихідні дані							
1	Вихідна температура зовнішнього повітря	$t_{з.п.}$, ºС	-26	-7,8	-1,8	-10	8
2	Витрати теплоти (з урахуванням втрат в мережі), МВт						
	на ОВ	$Q^{р}_{ов}=1,1Q_{ов}(t^{р}_{зп}-t_{зп})/(t^{р}_{зп}-t^{р}_{о})$	21,01	12,70	9,96	13,70	0,00
	на ГВП	$Q^{л}_{гв}=1,1\cdot0,82Q^{з}_{гв}$	8,36	8,36	8,36	8,36	6,86
3	Загальна теплова потужність (з урахуванням втрат в мережі) ТГП, МВт	$Q_т=Q_{ов}+Q_{гв}$	29,37	21,06	18,32	22,06	6,86
4	Температура прямої мережевої води на виході з ТГУ, ^{0}С	По температурному графіку $t'_с$	115	63	70	70	70
5	Температура зворотної мережевої води на вході в ТГУ, ^{0}С	По температурному графіку $t''_с$	70	49	49	49	49
6	для ГВП гріючої	$G_{гвп}=1000\cdot Q_{гв}/(4,19(t'_с-t''_с))$	44,34	142,52	95,01	95,01	77,91
	для Т3	$G_{Т3}=1000\cdot Q_{гвп}/(4,19(t_3-t_{в1})$	36,28	36,28	36,28	36,28	36,36
	для Т4	$G_{Т4}=0,3\cdot Q_{Т3}$	10,88	10,88	10,88	10,88	10,91
	загальний	$G_с=G_{ов}+G_{гв}$	156	359	208	251	78

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Підживлення закритої теплової системи, кг/с	$G^{з}_{підж}=(0,75\cdot60/100\cdot3,6)\cdot Q_{ов}$	2,63	1,59	1,24	1,71	0,00
8	Підживлення відкритої теплової системи, кг/с	$G^{о}_{підж}=(0,75\cdot30/100\cdot3,6)\cdot Q_{гв}$	0,52	0,52	0,52	0,52	0,43
9	Загальне підживлення, кг/с	$G_{підж}$	3,15	2,11	1,77	2,24	0,43
10	Загальна теплова потужність ТГЕ МВт	$Q_к=Q_{ов}+Q_{гв}$	29,37	21,06	18,32	22,06	6,86
11	Витрата води , кг/с, через котельні і ТГП	$G_к=Q_к/(4,19(t''_к-t'_к))$	155,77	120,29	120,29	120,2	40,10
12	Температура води на виході з котельного агрегату при $t'_к=70$ ^{0}C=const	$t''_к=t'_к+Q_к/(4,19\cdot G_к)$	115,00	111,78	106,34	113,77	110,80
13	Витрата води, кг/с, на лінії рециркуляції при $t'_к=70$ ^{0}C	$G_{рц}=G_к(t'_к-t''_к)/(t''_к-t''_к)$	0,00	93,46	76,24	81,29	26,47
14	Витрата води, кг/с						
	по перемичці	$G_{пм}=G_с(t''_к-t'_с)/(t''_к-t''_к)$	0,00	168,19	71,72	105,24	51,44
	вихідній	$G_{исх}=G_{подп}+G_{Т3}$	39,453	38,39	38,04	38,51	36,79
15	Витрата гріючої води на теплообмінник ГВП 2-ої ступені, кг/с	$G^{2}_{ГВС}=Q_h^{SPII}/4,19*(t''_К-70)$; $Q_h^{SPII}=4,86$ МВт (приймається з розрахунку)	25,78	27,76	31,92	26,50	28,43
16	Розрахункова витрата води, кг/с:						
	через котельний агрегат	$G^{р}_к=(Q_{ов}+Q_{гв})/(4,19(t''_к-t'_к)$	155,77	120,29	120,29	120,29	40,10
17	Відносна похибка розрахунку, %	$\Delta=(G^{р}_к-G_к)/G^{р}_к<2$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Режими роботи котельні приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Режими роботи котельні

№	Найменування навантаження	Од. вим.	Режими роботи				
			1	2	3	4	5
1	сумарне навантаження споживачів	МВт	26,70	19,14	16,65	20,06	6,232
3	втрати в зовнішніх мережах	МВт	2,67	1,91	1,67	2,01	0,62
4	потрібна продуктивність котлів	МВт	29,37	21,06	18,32	22,06	6,86
5	Кількість котлів в роботі КВ-ГМ-11,63-150	шт	4	3	3	3	1
6	процент завантаження котла	%	97,1	92,8	80,8	97,3	90,7

2.2. Підбір котлів

Основне теплове навантаження в системі складають потреби на опалення та вентиляцію приміщень. Для їх забезпечення у проєктованій котельні передбачається встановлення водогрійних котлів.

Кількість котлів визначається відповідно до нормативних вимог та забезпечення надійності теплозабезпечення. Зокрема, при підборі обладнання для комунально-побутових котелень враховується допустиме зниження подачі теплової енергії в разі аварійного відключення одного з агрегатів.

а) відповідно до положень ДБН В.2.5-74:2013 «Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі», допускається зменшення теплової потужності не більше ніж на 13%, тобто залишкова потужність повинна складати не менше 87% від розрахункового теплового навантаження на гаряче водопостачання, опалення та вентиляцію. До цього показника також додаються орієнтовні втрати в зовнішніх теплових мережах, які приймаються на рівні 10%.

Таким чином, підбір кількості водогрійних котлів здійснюється з урахуванням забезпечення надійного теплопостачання навіть за умов виходу з ладу одного котельного агрегату.

$$Q_{\text{спож}} = 1{,}1 \cdot (\alpha_{\text{ов}} \cdot Q_{\text{ов}} + \alpha_{\text{гвп}} \cdot Q_{\text{гвп}}) = 1{,}1 \cdot (0{,}89 \cdot 19{,}1 + 0 \cdot 7{,}6) = 18{,}69 \text{ (МВт)}$$

б) основне навантаження на систему теплопостачання становлять витрати на опалення та вентиляцію. З метою їх ефективного покриття в проєктованій котельні передбачається встановлення водогрійних котельних агрегатів.

Підбір кількості котлів здійснюється з урахуванням нормативних вимог щодо надійності та безперервності теплопостачання. У випадку виходу з ладу одного з агрегатів, решта повинні забезпечити не менше 87% розрахункової потужності для систем гарячого водопостачання, опалення та вентиляції, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-74:2013 «Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі». Додатково враховуються втрати теплоти в зовнішніх мережах, які орієнтовно становлять 10%.

Враховуючи ці вимоги, для комунально-побутових котелень рекомендується встановлювати не менше трьох і не більше шести котлів. Такий підхід дозволяє забезпечити високу гнучкість роботи котельні, зручність в обслуговуванні та можливість покриття пікових навантажень або аварійних ситуацій без значної втрати ефективності системи..

в) провідним навантаженням для системи теплопостачання є опалення та вентиляція. Для забезпечення надійного теплозабезпечення передбачається встановлення у котельні водогрійних котлів.

При виборі кількості котельних агрегатів необхідно дотримуватись вимог надійності: у разі виходу з ладу одного котла, решта повинні забезпечити не менше 87% сумарної потужності, необхідної для покриття потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. Такі вимоги регламентуються нормами ДБН В.2.5-74:2013 «Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі». Також слід враховувати орієнтовні втрати теплоти в зовнішніх теплових мережах, які складають близько 10%.

Крім того, сумарна теплова потужність встановлених котлів повинна забезпечувати не лише потреби зовнішніх споживачів, але й покривати витрати на власні потреби котельні, зокрема теплопостачання допоміжних приміщень, підігрів води для хімводоочистки, роботу вентиляційних систем тощо.

Оптимальним з точки зору гнучкості та резервування є встановлення в котельні від трьох до шести котлів, що дозволяє ефективно адаптувати режим роботи до змін сезонного або аварійного навантаження.:

$$Q_{\text{спож}} = 1{,}1 \cdot (Q_{\text{ов}} + Q_{\text{гвп}}) = 1{,}1 \cdot (19{,}1 + 7{,}6) = 26{,}7 \text{ (МВт)}$$

В результаті вибрані наступні котли: водогрійні котли КВ-ГМ-7,56-115

Таблиця 2.4

Технічні характеристики котла

Показники	**КВ-ГМ-7,56-115**
Теплопродуктивність номінальна, МВт	7,56
Вид палива	газ/мазут
Робочий тиск води, МПа	1 - 1,56
Температурний режим, °С	70 - 115
Гідравлічний опір, МПа	0,12
Діапазон регулювання теплопродуктивності по відношенню до номінальної, %	20-100
Маса котла без пальника, кг	26260
Габаритні розміри: - довжина, мм - ширина, мм - висота, мм	 6500 3000 5000
Витрата води, т/год	80
Витрата палива , м^3/год, газ/мазут	850/800
Середнє напрацювання на відказ, год, не менше	5000
Середній строк служби до списання, рік, не менше	20
КПД котла, % не менше, газ/мазут	88,3/87,0
Еквівалентний рівень шуму в зоні обслуговування, ДБа, не більше	80
Температура зовнішньої (ізольованої) поверхні нагріву котла, °С	45
Температура йдучих газів, °С, не больше, газ/мазут	153/245
Аеродинамічний опір, Па, газ/мазут	86,0/87,2

Таблиця 2.5

Характеристики тягодуттєвих машин, які поставляються з котлом

Найменування	КВ-ГМ-7,56-115
	Димосос
Тип димососу	ДН-10у1
Потужність встановлена, кВт	11
Частота оберту, об/хв	1000
Тип вентилятору	ВДН-10у1
Потужність, кВт	11
Частота оберту; об/хв	1000

До установки приймається 4 котла. Потужність котельні дорівнює 30,24 МВт.

Перевірка умов:

- 30,24 МВт > 26,7 МВт (Потужності котельні достатньо, для навантаження необхідної для споживача)
- При виході одного котла з роботи, потужність котельні складає 22,68 МВт.

22,68 МВт > 18,69 МВт (при виході одного котла зі строю, котельня забезпечить необхідне навантаження).

2.3. Гідравлічний розрахунок трубопроводів котельні

Підбір діаметрів трубопроводів системи теплопостачання котельні виконується на основі гідравлічного розрахунку, що здійснюється з урахуванням даних, наведених у таблиці 2 та на розрахунковій схемі трубопровідної мережі (рис. 2.2 «Розрахункова схема»).

Розрахунок проводиться відповідно до методики, викладеної в [5], із використанням табличних залежностей для визначення оптимальних діаметрів. Однією з основних умов є забезпечення допустимої швидкості руху теплоносія в трубопроводах, яка не повинна перевищувати 1,5 м/с. Це дозволяє уникнути надмірного гідравлічного опору та шуму в системі.

Після визначення необхідних витрат теплоносія на кожній ділянці мережі та відповідного перепаду тиску, за допомогою таблиць проводиться підбір

внутрішніх діаметрів труб. Отримані результати оформлюються у вигляді таблиці 2.5 «Підбір діаметрів водяних трубопроводів».

Таблиця 2.5

Підбір діаметрів водяних трубопроводів.

№	Найменування трубопроводу або його дільниці	Максимальна витрата, кг/с	Максимальна витрата, т/год	Швидкість	$i_р$,Па/м	діаметр
1	$G_{ОВ}$	216,46	779,24	1,34	36,82	478Х7
2	$G_{ГВ}$	31,92	114,90	0,96	51,85	219Х7
3	$G_{живТ2}$	2,63	9,45	1,40	714,17	57Х3,5
4	$G_К$	155,77	560,76	0,96	1,94	478Х7
5	$G_{рц}$	93,46	336,47	1,31	58,10	325Х8
6	$G_{пм}$	168,19	605,47	1,04	22,08	478Х7
7	$G_{вих}$	39,43	141,93	1,25	89,67	219Х7
8	$G_{Т3}$	36,36	130,89	1,45	141,26	194Х6
9	$G_{Т4}$	10,91	39,27	1,44	301,17	106Х4
10	$G_{ОВ}+G^{II}_{ГВП}$	248,37	894,14	1,24	28,08	478Х7

$G_{ОВ}$- витрата мережевої води споживачу на потреби ОВ, кг/с.

$G_{ГВП}$ - витрата грічої води на 2-ю ступінь теплообмінників ГВП, кг/с.

$G_{живТ2}$ – витрата підживленої води в Т2, кг/с.

$G_К$ – витрата води через котельний агрегат, кг/с.

$G_{рц}$ – витрата води на рецеркуляцію, кг/с.

$G_{пм}$ – витрата води на перемичці, кг/с.

$G_{вих}$ – витрата вихідної води, кг/с.

$G_{Т3}$ – витрата води в системі Т3, кг/с.

$G_{Т4}$ – витрата води в системі Т3, кг/с.

$G_{ОВ}+G_{ГВП}$ – витрата води мережевої +граючої води на 2-гу ступінь теплообмінників на ГВП, кг/с.

2.4. Вибір способу водопідготовки

Водопідготовка розглядається у 4 розділі.

2.5. Підбір теплообмінників

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-74:2013 «Зовнішні мережі та споруди», для забезпечення надійності та безперебійної роботи системи гарячого водопостачання в котельнях рекомендується застосування двох теплообмінників,

увімкнених паралельно. Кожен з них має бути розрахований на 50% від загального теплового навантаження системи. Такий підхід забезпечує резервування обладнання: у разі виходу з ладу одного теплообмінника інший здатен частково підтримувати функціонування системи.

У разі використання змішаної схеми підключення, де частина теплоносія зворотної мережної води рециркулюється та змішується з водою, що подається, розрахунок параметрів теплообмінника виконується окремо для кожного ступеня підігріву.

На першій ступені підігріву відбувається попереднє нагрівання води, яка надходить у систему гарячого водопостачання. Тепловий потік, який передається воді у теплообміннику першої ступені, визначається за формулою:

$$Q_h^{sp} = \frac{c\cdot(\tau_h - \tau_c)G_h}{3{,}6}, \text{ МВт}$$

де τ_c-температура вихідної води (приймається рівною 5˚С), ˚С

τ_h --температура вихідної води після першої ступені (приймається рівною 60˚С), ˚С

G_h- витрата вихідної води (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 14), кг/год

39,43кг/с=141948кг/год

$$Q_h^{sp} = \frac{4{,}19\cdot(30-5)\cdot 141948}{3{,}6\cdot 2} = 2{,}1 \text{ МВт}$$

Температура теплоносіїв:

Нагріваєма вода

$\tau_c = 5$˚С

$\tau_h^I = 60$˚С

Гріюча вода. Гріючий теплоносій відбирається з колектора до перемички температурного регулювання

$\tau_н = 115$˚С

$\tau_к^I = 70$˚С

За отриманими характеристиками з використанням програми ГФТА , підбираються теплообмінники.

Вибраний теплообмінник ГФТА ТПС-08

Таблиця 2.7

Технічні характеристики теплообміника

	Гріюча сторона	**Нагріваєма сторона**
Середовище	**Вода**	**Вода**
Швидкість в каналі, м/с	0,003	0,003
Витрати, $м^3$/год	0,040	0,030
Температура на вході, °С	115	5
Температура на виході, °С	70	60
Загальні втрати тиску, кГс/см²	0,000	0,000
Теплове навантаження, кВт	2,1	
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°С)	17	
Середній температурний натиск, °С	59,9	
Площа поверхні теплообміну, м²	2,1	
Запас по площі, %	0,0	
Кількість пластин	6	
Кількість ходів	1	
Кількість теплообмінників	1	
Висота теплообмінника, мм	1520	
Ширина теплообмінника, мм	520	
Монтажний розмір (В), мм		
Габаритний розмір (Б), мм	478	
Маса теплообміннка, кг	482	

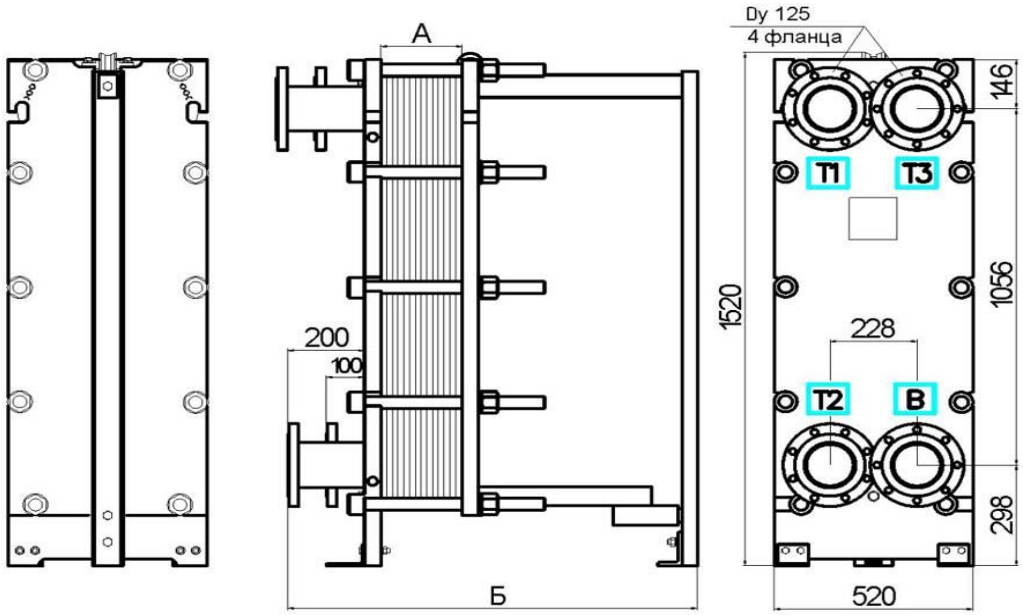


Рис. 2.3. Теплообмінник ГФТА ТПС-08

2.6. Розрахунок і вибір насосного обладнання.

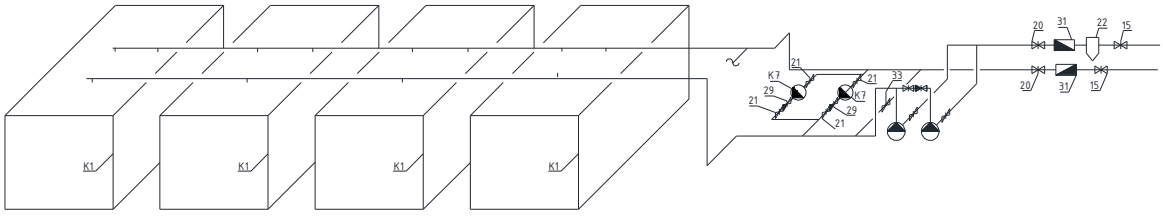


Рис 2.4 Розрахункова схема для підбору мережевого насосу і насосу на рециркуляцію.

2.6.1. Підбір мережевого насосу

Витрати насосу:

$$G_{\text{с}} = k_G \cdot G_{\text{сист}}$$

$$G_{\text{сист}} = G_{\text{ов}} + G_h \text{ , м}^3\text{/г}$$

де $G_{ов}$- витрати води в Т1, Т2 (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 6), кг/с

$$G_{ов} = 111{,}43\text{кг/с}=3{,}6 \cdot 111{,}43 = 401{,}15 \text{ м}^3/\text{г}$$

G_h - витрати гріючої води в теплообміннику ГВП, другої ступені (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 15), кг/с

$$G_h = 25{,}78(\text{кг/с})= 3{,}6 \cdot 25{,}78 = 92{,}81 \text{ , м}^3/\text{г}$$

$$G_{сист} = 401{,}15 + 92{,}81 = 493{,}96 \text{ м}^3/\text{г}$$

k_G-коефіцієнт запасу по витратам (приймається 1,1)

$$G_с = 1{,}1 \cdot 493{,}96 = 543{,}36 \text{ м}^3/\text{г}$$

Натиск насосу:

$$H_{сн} = k_р \cdot \left(\Delta H_С + \Delta H_{тр,арм} + H_{уу} + \Delta H_к\right), \text{м}$$

де $\Delta H_с = 27$ м-втрати тиску на в Т1 і Т2, м (приймається з завдання)

$\Delta H_{тр,арм}$ - втрати в трубопроводі і арматурі, м

$$\Delta H_{тр,арм} = \Delta h l_{пр} + H_{арм}, \text{кгс/м}^2$$

$\Delta h = \lambda \frac{v^2 \cdot \gamma}{2gD_В}, \text{кгс/м}^2\text{м}$ – питома втрата тиску на тертя.

$\lambda = 0{,}02$ (визначено по графіку, виходячи з величини еквівалентної шорсткості

$k_е = 0{,}5$мм-для водяних теплових мереж) – коефіцієнт гідравлічного опіру тертя;

$v = 1{,}35$ м/с (з гідравлічного розрахунку трубопроводів) – швидкість теплоносія;

$\gamma = 958{,}4\text{кгс/м}^3$(для теплових мереж) – середня питома вага теплоносія;

$g = 9{,}81\text{м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

$D_В = 0{,}46$м (для трубопроводу 478х7,0) – внутрішній діаметр труби;

$l_{пр} = l + l_е, \text{м}$ - приведена довжина трубопроводу;

$l = 92{,}53$ - довжина трубопроводу по плану;

$l_е$ - еквівалентна довжина місцевих опорів, м;

$$l_е = \sum_1 \xi \frac{D_В}{}, \text{м}$$

де ξ - сума коефіцієнтів місцевого опіру;

Значення коефіцієнтів місцевого опіру:

Поворот 90° $\xi = 0{,}5$

Трійник на відгалуження 90° $\xi = 1{,}5$

Трійник на прохід $\xi = 0{,}5$

Для мережевого насосу:

22 поворотів 90°;

18 трійників на прохід;

2 трійника на відгалуження.

Витрати натиску у засувці 0,1м.

Витрати натиску у зворотному клапані 0,2м.

Витрати натиску у грязьовику 0,2м

$$l_{\text{е}} = \left((22 \cdot 0{,}5) + (18 \cdot 0{,}5) + (2 \cdot 1{,}5)\right)$$

$$0{,}02$$

$$l_{\text{пр}} = 92{,}53 + 529 = 621{,}53$$

$$\Delta h = 0{,}02$$

$$2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}46$$

$$H_{\text{арм}} = 27 \cdot 0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}2 = 3{,}1$$

$$\Delta H_{\text{тр,арм}} = 3{,}1 + 621 \cdot 3.8 = 5{,}5$$

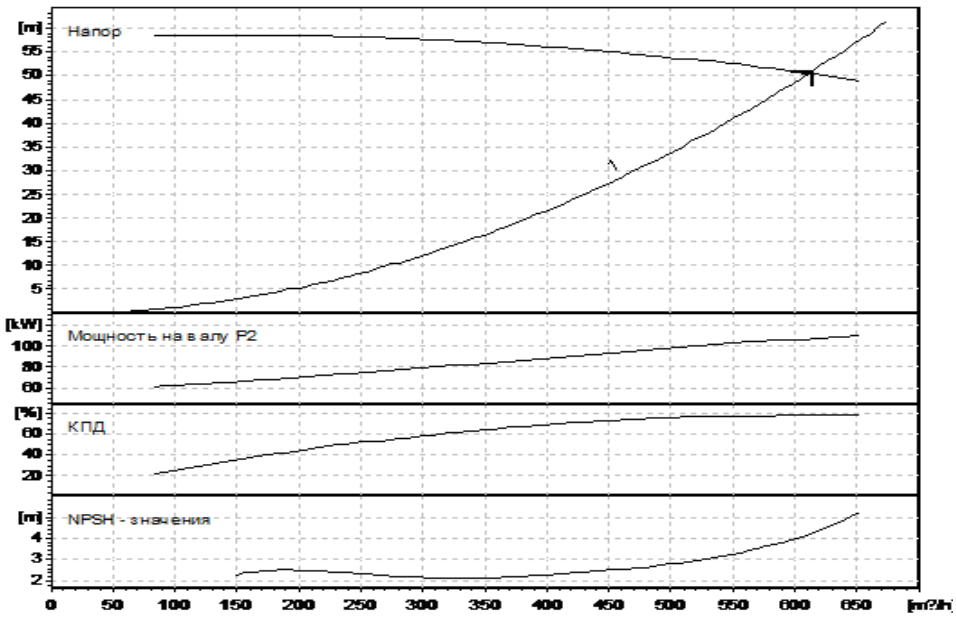


Рис. 2.5. Характеристика мережевого насосу

де $k_р$-коефіцієнт запасу по тиску (приймається 1,2)

$$H_{сн} = 1{,}2 \cdot (27 + 5{,}5 + 2 + 12) = 55{,}8 \text{ м}$$

$H_{во} = 2$ - витрата натиску в вузлі обліку, м (приймається рівним 2 м, по паспортним даним)

$\Delta H_к = 12$ м - витрати натиску в котельному агрегаті (приймається з паспорту котла)

Підбирається насос за слідуючими характеристиками:

$G_с = 543{,}36$ м^3/г

$H_{сн} = 55{,}8$ м

Підібраний насос: 1+1(резервний)

Найменування продукту: WILO IL-E 250/430-110/4;

Частота обертання: 2850 об/хв;

Ефективність електродвигуна при повному навантаженні: 95 %;

Повна вага: 1407 кг.

2.6.2. Підбір насосу на рециркуляцію

Витрати насосу:

$$G_р = k_G \cdot G_{рц}$$

де $G_{рц}$ - витрати води на рециркуляцію (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 13), кг/с

$$G_{рц} = 93{,}46(\text{кг/с}) = 3{,}6 \cdot 71{,}51 = 336{,}45 \text{ м}^3/\text{г}$$

k_G - коефіцієнт запасу по витратам (приймається 1,1)

$$G_р = 1{,}1 \cdot 336{,}45 = 370{,}1 \text{ м}^3/\text{г}$$

Натиск насосу:

$$H_{рц} = k_р \cdot \left(\Delta H_{тр,арм} + \Delta H_к\right), \text{ м}$$

$\Delta H_{тр,арм}$ - втрати у трубопроводі і арматурі, м

$$\Delta H_{тр,арм} = \Delta h l_{пр} + H_{арм}, \text{кгс/м}^2$$

де $\Delta h = \lambda \frac{v^2 \cdot \gamma}{2gD_В}, \text{кгс/м}^2\text{м}$ – питома втрата тиску на тертя.

Для трубопроводу діаметром 325х8,0:

де $\lambda = 0{,}022$ (визначено по графіку, виходячи з величини еквівалентної шорсткості $k_э = 0{,}5$мм-для водяних теплових мереж) – коефіцієнт гідравлічного опіру тертя;

$v = 1{,}31$ м/с (з гідравлічного розрахунку трубопроводів) –швидкість теплоносія;

$\gamma = 958{,}4$кгс/м^3(для теплових мереж) – середня питома вага теплоносія;

$g = 9{,}81$м/с^2 - прискорення вільного падіння;

$D_В = 0{,}3$ м (для трубопроводу 325х8,0) – внутрішній діаметр труби;

$l_{пр} = l + l_э$, м - приведена довжина трубопроводу;

$l = 12{,}4$ - довжина трубопроводу по плану;

$l_э$ - еквівалентна довжина місцевих опорів,м;

$$l_э = \sum \xi \frac{D_В}{}, м$$

де ξ - сума коефіцієнтів місцевого опору.

Значення коефіцієнтів місцевого опору:

Поворот 90° $\xi = 0{,}5$

Трійник на відгалуження 90° $\xi = 1{,}5$

Трійник на прохід $\xi = 0{,}5$

Для рециркуляційного насосу з діаметром трубопроводу 325х8,0:

2 поворотів 90°;

2 трійників на прохід;

2 трійників на відгалуження.

$$l_э = \left((2 \cdot 0{,}5) + (2 \cdot 0{,}5) + (2 \cdot 1{,}5)\right) \cdot \frac{0{,}3}{0{,}022} = 68 \text{ м}$$

$$l_{пр} = 12{,}4 + 68 = 80{,}4 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0{,}022 \frac{1{,}35^2 \cdot 958{,}4}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}3} = 6{,}5 \text{ кгс/м}^2\text{м}$$

$$\frac{}{\text{м}} \qquad \Delta H_{тр} = 6{,}5 \cdot 80{,}4 = 524{,}8$$

Для трубопроводу діаметром 478х7,0:

де $\lambda = 0{,}02$ (визначено по графіку, виходячи з величини еквівалентної шорсткості

$k_э = 0{,}5$мм-для водяних теплових мереж) – коефіцієнт гідравлічного опіру тертя;

$v = 1.34$ м/с (з гідравлічного розрахунку трубопроводів) –швидкість теплоносія;

$\gamma = 958{,}4$кгс/м^3(для теплових мереж) – середня питома вага теплоносія;

$g = 9{,}81$м/с^2 – прискорення вільного падіння;

$D_В = 0{,}46$ м (для трубопроводу 478х7,0) – внутрішній діаметр труби;

$l = 60{,}9$ - довжина трубопроводу по плану.

Для рециркуляційного насосу з діаметром трубопроводу 478х7,0:

4 поворотів 90°;

14 тройників на прохід;

$$l_е = \left((4 \cdot 0{,}5) + (14 \cdot 0{,}5)\right) \cdot \frac{0{,}46}{0{,}02} = 202{,}5 \text{ м}$$

$$l_{пр} = 60{,}9 + 202{,}5 = 263{,}4 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0{,}02 \frac{1{,}34^2 \cdot 958{,}4}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}46} = 3{,}8 \text{ кгс/м}^2\text{м}$$

$$\Delta H_{тр} = 3{,}8 \cdot 263{,}4 = 1001 \frac{\text{кг}}{\text{м}}$$

Втрати натиску у засувці 0,1м.

Втрати натиску у зворотньому клапані 0,2м.

$$H_{арм} = 2 \cdot 0{,}1 + 0{,}2 = 0{,}4 \text{ м}$$

$$\Delta H_{тр,арм} = 0{,}52 + 1 + 0{,}4 = 1{,}92 \text{ м}$$

де $\Delta H_к = 25$м - втрати натиску у котельному агрегаті , м (приймається з паспорту котла).

$k_р$-коефіцієнт запасу по тиску (приймається 1,2)

$$H_{рц} = 1{,}2 \cdot (1{,}92 + 25) = 32{,}3 \text{ м}$$

Підбирається насос по слідуючим характеристикам:

$G_р = 370{,}1$ м^3/г

$H_{рц} = 32{,}3$ м

Підібраний насос: 1+1(резервний)

Найменування продукту: Wilo-IL-E 40/170-5,5/2

Частота обертання: 2900 1/min

КПД: 83,8 %

Потужність: 42,8 кВт

Повна вага: 563 кг

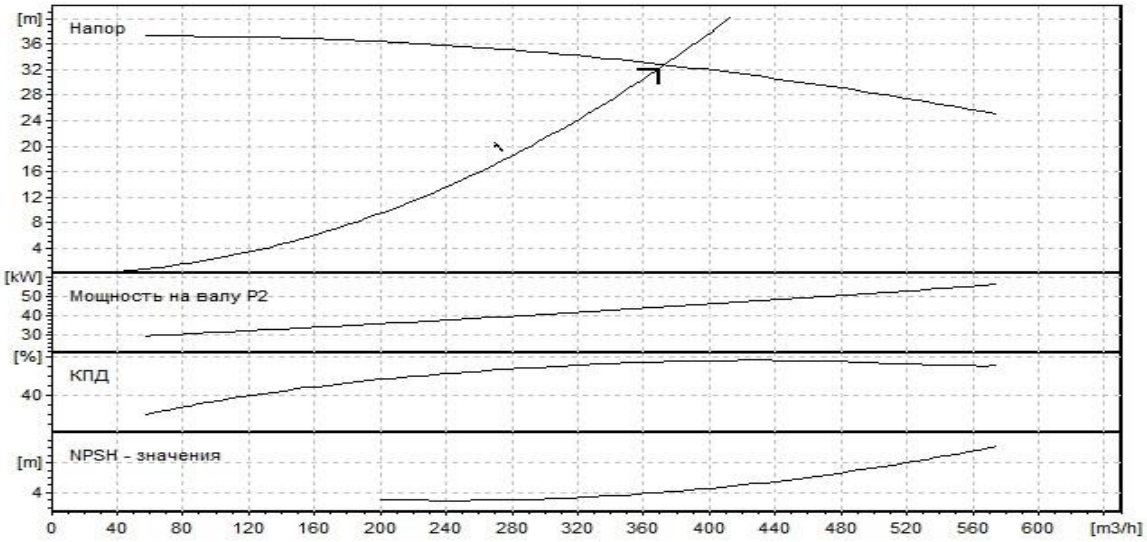


Рис. 2.6. Характеристика насосу на рециркуляцію

2.6.3. Підбір насосу вихідної води

При даній схемі на ГВП в проектуємій котельні, насос вихідної води є одночасно і насосом на ГВП.

Витрата насосу:

$$G_{\text{н}} = k_G \cdot G_{\text{вих}}$$

де $G_{\text{вих}}$-витрата вихідної води (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 14), кг/с

$$G_{\text{вих}} = 39{,}43 \text{ кг/с} = 3{,}6 \cdot 39{,}43 = 141{,}95 \text{ м}^3/\text{г}$$

k_G-коефіцієнт запасу по витраті (приймається 1,1)

$$G_{\text{н}} = 1{,}1 \cdot 141{,}95 = 156{,}14 \text{ м}^3/\text{г}$$

Тиск насосу:

$$H_{\text{вих}} = k_{\text{р}} \cdot \left(\Delta H_{\text{ГВП.}} + \Delta H_{\text{тр,арм}} + H_{\text{во}} + H_{\text{ст}} + \Delta H_{\text{т}} - H_{\text{В1}}\right), \text{м}$$

де $\Delta H_{\text{ГВП}} = 31$ м-втрати натиску в системі ГВП (приймається згідно завданню), м

$\Delta H_{\text{тр,арм}}$ - втрати в трубопроводі і арматурі.

$$\Delta H_{\text{тр,арм}} = \Delta h l_{\text{пр}} + H_{\text{арм}}, \text{кгс/м}$$

$\Delta h = \lambda \frac{v^2 \cdot \gamma}{2 g D_{\text{В}}}$, кгс/м^{2}м – питома втрата тиску на тертя.

Для трубопроводу діаметром 219х7,0:

$\lambda = 0{,}023$ (визначено по графіку, виходячи з величини еквівалентної шорсткості $k_{\text{э}} = 0{,}5$мм-для водяних теплових мереж) – коефіцієнт гідравлічного опіру тертя;

$v = 1{,}25$ м/с - (з гідравлічного розрахунку трубопроводів) – швидкість теплоносія;

$\gamma = 958{,}4$кгс/м^3(для теплових мереж) – середня питома вага теплоносія;

$g = 9{,}81$м/с^2 – прискорення вільного падіння;

$D_{\text{В}} = 0{,}2$ м (для трубопроводу 219х7,0) – внутрішній діаметр труби;

$l_{\text{пр}} = l + l_{\text{е}}$, м - приведена довжина трубопроводу;

$l = 19{,}5$ м - довжина трубопроводу по плану;

$l_{\text{е}}$ - еквівалентна довжина місцевого опору,м

$$l_{\text{е}} = \lambda \sum \xi \frac{D_{\text{В}}}{}, \text{м}$$

де ξ - сума коефіцієнтів місцевого опору;

Значення коефіцієнтів місцевого опору:

Поворот 90° $\xi = 0{,}5$

Трійник на відгалуження 90° $\xi = 1{,}5$

Трійник на прохід $\xi = 0{,}5$

<u>Для насосу вихідної води з діаметром трубопроводу 219х7,0</u>:

4 поворотів 90°;

1 трійника на відгалуження;

1 трійника на прохід;

$$l_{\text{е}} = \left((4 \cdot 0{,}5) + (1 \cdot 1{,}5) + (1 \cdot 0{,}5)\right) \cdot \frac{0{,}2}{0{,}023} = 43{,}5 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр}} = 19{,}5 + 43{,}5 = 63 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0{,}023 \frac{1{,}25^2 \cdot 958{,}4}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}4} = 4{,}3 \text{ кгс/м}^2\text{м}$$

$$\Delta H_{\text{тр}} = 4{,}3 \cdot 63 = 276 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2} = 0{,}28 \text{ м}$$

Для трубопроводу діаметром 106х4,0:

$\lambda = 0{,}028$ (визначено по графіку, виходячи з величини еквівалентної шорсткості $k_{\text{е}} = 0{,}5$мм-для водяних теплових мереж) – коефіцієнт гідравлічного опору тертя;

$v = 1{,}24 \cdot \frac{G}{\gamma D_{\text{в}}^2}$ м/с – швидкість теплоносія;

$v = 0{,}354 \cdot \frac{156{,}14}{958{,}4 * 0{,}106^2}$=5,1 м/с

$\gamma = 958{,}4$кгс/м^3(для теплових мереж) – середня питома вага теплоносія;

$g = 9{,}81$м/с^2 - прискорення вільного падіння;

$D_{\text{В}} = 0{,}1$м (для трубопроводу 106х4,0) – внутрішній діаметр труби;

$l = 26{,}8$ м - довжина трубопроводу по плану;

Для насосу вихідної води з діаметром трубопроводу 106х4,0:

14 поворотів 90°;

1 трійника на прохід;

1 трійник на відгалуження

$$l_{\text{е}} = \left((14 \cdot 0{,}5) + (1 \cdot 0{,}5)\right) \cdot \frac{0{,}9}{0{,}028} = 32{,}1 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр}} = 26{,}8 + 32{,}1 = 58{,}9 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0{,}028 \frac{5{,}1^2 \cdot 958{,}4}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}9}$$

$$\Delta H_{\text{тр}} = 39{,}5 \cdot 58{,}9 = 2326 \frac{}{\text{м}}$$

Витрати натиску у засувкі 0,1м.

Витрати натиску у зворотньому клапані 0,2м.

Витрати натиску у фільтрі 0,2м

Витрати натиску в магнітному перетворювачі вихідної води 1 м.

$$H_{\text{арм}} = 10 \cdot 0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}2 + 1$$

$$\Delta H_{\text{тр,арм}} = 0{,}28 + 2{,}32 + 2{,}4 = 5$$

де $H_{\text{ВО}} = 2$ - витрата натиску в вузлі обліку, м (приймається рівним 2 м, по паспортним даним),м

$\Delta H_{\text{т}} = 9{,}68$ м - витрата натиску у двох теплообмінниках (приймається виходячи з розрахунку теплообмінників), м

м - натиск, який розташований у мережі В1 (приймається виходячи з завдання),м

$H_{\text{ст}} = 27 + 2 = 29$ м - геометричний натиск у мережі (приймається висота 9-ти поверхової будівлі +необхідний натиск у верхній точці водозабору)

$k_{\text{р}}$ - коефіцієнт запасу по тиску (приймається 1,2)

$$H_{\text{вих}} = 1{,}2 \cdot (5 + 2{,}32 + 2 + 29 + 9{,}68 - 25) = 27{,}6 \text{ м}$$

Підбирається насос по наступним характеристикам:

$G_{\text{н}} = 156{,}14$ м^3/г

$H_{\text{вих}} = 27{,}6$ м

Підібраний насос: 1+1(резервний)

Найменування продукту: Wilo-IL-E 200/310-37/4

Частота обертання: 1450 1/min

КПД: 76 %

Потужність: 20,6 кВт

Повна вага: 465 кг

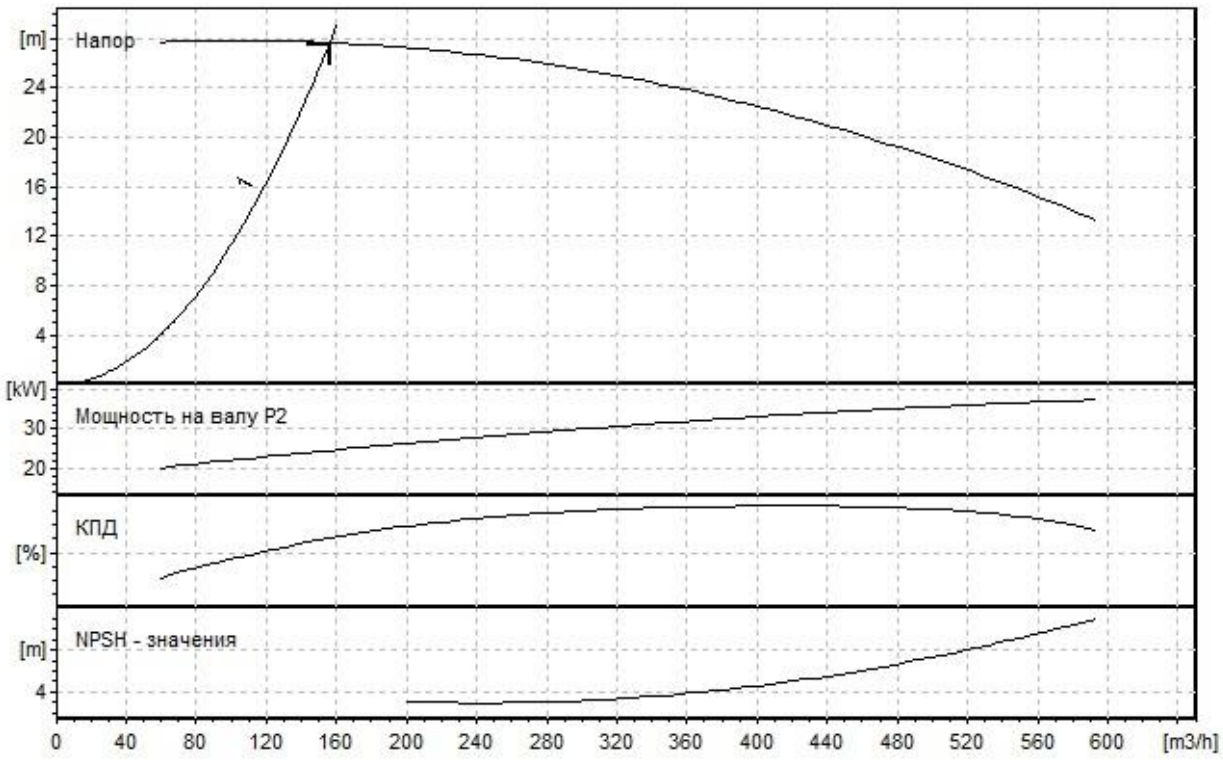


Рис. 2.7. Характеристика насосу вихідної води

2.6.4. Підбір циркуляційного насосу на Т4

Підбираються по 2-м характеристикам Q м^3/г, Н м

$Q_{\text{нас}} = 1{,}1 \cdot Q$м^3/г

$H_{\text{насоса}} = 1{,}2 \cdot H$м

Дані параметри розраховуються по наступним формулам

$$Q = Q^{cir} + 0{,}15Q^{h}\text{м}^3/\text{г}$$

де Q^{cir}-витрата води необхідної на циркуляцію (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 6), кг/с

$$Q^{cir} = 10{,}88\ \text{кг/с}=3{,}6 \cdot\ 10{,}88 = 39{,}16\ \text{м}^3/\text{г}$$

Q^{h}- витрата вихідної води (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 14), кг/с

$Q^{h} = 39{,}43$ кг/с$=3{,}6 \cdot 39{,}43 = 141{,}94$ м^3/г

$Q = 39{,}43 + 0{,}15 \cdot 141{,}94 = 60{,}72$ м^3/г

$Q_{\text{нас}} = 1{,}1 \cdot 60{,}72 = 66{,}79$ м^3/г

$$H = \Delta H_{tot}^{cir} + \left(\Delta H_{\text{тр.арм}}^{h} + \Delta H_{\text{вп}}^{h}\right) \cdot \left(\frac{Q_{\text{нас}}}{Q^{h}}\right)^2$$

де $\Delta H_{to}^{c\,r} = 14$м - втрати натиску в трубопроводах квартальних мереж в режимі циркуляції (приймається з умови на проектування), м

$\Delta H_{\text{тр.арм}}^{h}$м – втрати в трубопроводі і арматурі, м

$\Delta H_{\text{вп}}^{h} = 5$ - втрати в теплообміннику 2-ої ступені (приймається з Підбору теплообмінників), м

$$\Delta H_{\text{тр,арм}} = \Delta h l_{\text{пр}} + H_{\text{арм}}, \text{кгс/м}$$

$\Delta h = \lambda \frac{v^2 \cdot \gamma}{2 g D_{\text{В}}}$, кгс/м^{2}м – питома втрата тиску на тертя.

$\lambda = 0{,}028$ (визначено по графіку, виходячи з величини еквівалентної шорсткості $k_{\text{э}} = 0{,}5$ мм-для водяних теплових мереж) – коефіцієнт гідравлічного опіру тертя;

$v = 1{,}44$м/с (з гідравлічного розрахунку трубопроводів) – швидкість теплоносія;

$\gamma = 958{,}4$кгс/м^3(для теплових мереж) – середня питома вага теплоносія;

$g = 9{,}81$м/с^2 - прискорення вільного падіння;

$D_{\text{В}} = 0{,}09$м (для трубопроводу 106х4) – внутрішній діаметр труби;

$l_{\text{пр}} = l + l_{\text{е}}$, м - приведена довжина трубопроводу;

$l = 12{,}9$ м - довжина трубопроводу по плану;

$l_{\text{е}}$ - еквівалентна довжина місцевих опірів,м;

$$l_{\text{е}} = \sum \xi \frac{D_{\text{В}}}{\lambda}, \text{м}$$

де ξ - сума коефіцієнтів місцевого опору.

Значення коефіцієнтів місцевого опору:

Тройник на відгалуження 90° $\xi = 1{,}5$

поворот на 90° $\xi = 0{,}5$

Трійник на прохід $\xi = 0{,}5$

Для насосу вихідної води:

2 трійник на відгалуження;

1 трійник на прохід

5 поворотів на 90°

Втрати натиску у засувкі 0,1м.

Втрати натиску в зворотному клапані 0,2м.

Втрати натиску в фільтрі 0,2м

$$l_{\text{е}} = \left((2 \cdot 1{,}5) + (5 \cdot 0{,}5) + 1\right) \cdot \frac{0{,}09}{0{,}028} = 20 \text{ м}$$

$$l_{\text{пр}} = 12{,}9 + 20 = 32{,}9 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0{,}028 \cdot \frac{1{,}44^2 \cdot 958{,}4}{2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}09} = 31 \text{ кгс/м}^2\text{м}$$

$$H_{\text{арм}} = 4 \cdot 0{,}1 + 0{,}2 + 0{,}2 = 0{,}8 \text{ м}$$

$$\Delta H_{\text{тр}} = 31 \cdot 32{,}9 = 1023 \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2} = 1{,}02 \text{ м}$$

$$\Delta H_{\text{тр,арм}} = 1{,}02 + 0{,}8 = 2 \text{ м}$$

$$H = 14 + (2 + 5) \cdot (\frac{60{,}72}{141{,}94})^2 = 15{,}3 \text{ м}$$

$$H_{\text{насосу}} = 1{,}2 \cdot 15{,}3 = 18{,}4 \text{ м}$$

<u>Дані для підбору:</u>

$Q_{\text{насосу}} = 60{,}72$ м^3/год

$H_{\text{насосу}} = 18{,}4$ м

Підібраний насос: 1+1(резервний)

Найменування продукту: Wilo-IL-E 65/270-5,5/4

Частота обертання: 1450 1/min

КПД: 71,1 %

Потужність: 5,19 кВт

Повна вага: 119 кг

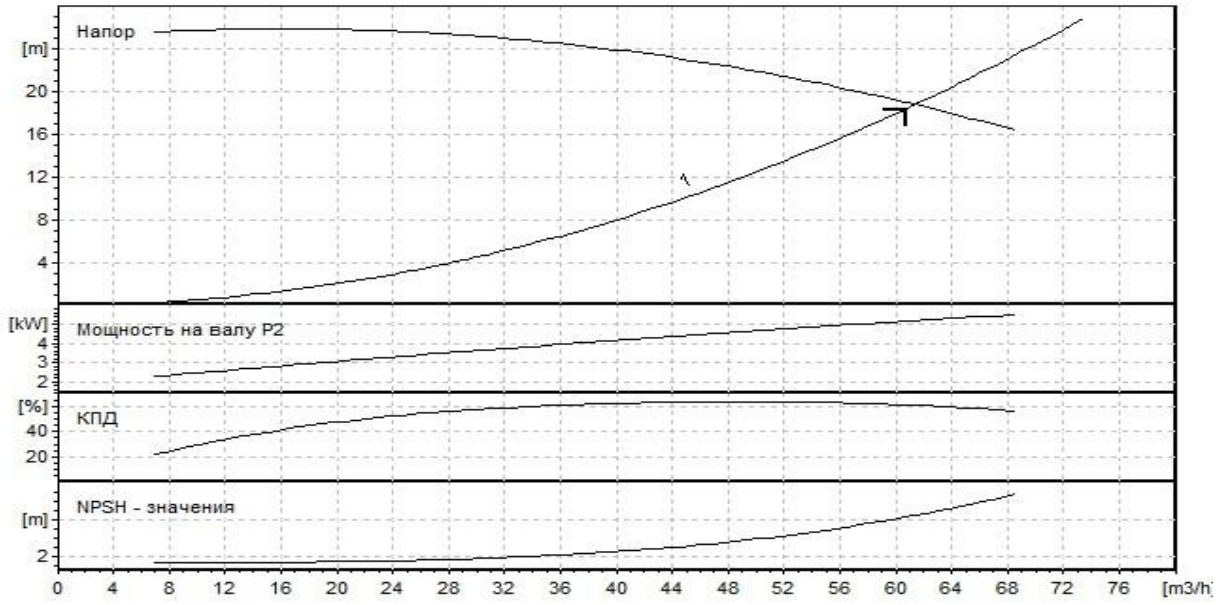


Рис. 2.8. Характеристика циркуляційного насосу

2.7. Підбір додаткового обладнання

2.7.1. Підбір грязьовика для Т2

Витрата води через грязьовик $G_{ов} = 111{,}43$кг/с$=3{,}6 \cdot 111{,}43 = 401{,}14$ м^3/год (приймається з табл. 2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 6), кг/с.

Приймаємо грязьовик ГВ Ду350, Серії ТС-568.

2.7.2. Підбір витратомірів

Витратомір на В1:

Витрата води витратомір $G_{вих} = 39{,}43$кг/с$=3{,}6 \cdot 39{,}43 = 141{,}94$, м^3/год.

Приймаємо витратомір - лічильник електромагнітний ЕРСВ 420(Л/Ф)/520(Л/Ф) Ду=65мм

Витратомір на Т1, Т2:

Витрата води витратомір, $G_{ов} = 111{,}43$кг/с$=3{,}6 \cdot 111{,}43 = 401{,}14$ м^3/год (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 6), кг/с.

Приймаємо витратомір - лічильник електромагнітний ЕРСВ 420(Л/Ф)/520(Л/Ф) Ду=150мм

Витратомір на Т3:

Витрата води витратомір $G_{\text{Т3}} = 36{,}28$кг/с=$3{,}6 \cdot 36{,}28 = 130{,}6$, м^3/год (приймається з табл. 2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 6), кг/с.

Приймаємо витратомір -лічильник електромагнітний ЕРСВ 420(Л/Ф)/520(Л/Ф) Ду=65 мм

Витратомір на Т4:

Витрата води витратомір $G_{\text{Т4}} = 10{,}88$кг/с=$3{,}6 \cdot 10{,}88 = 39{,}17$ м^3/год (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 6), кг/с.

Приймаємо витратомір - лічильник електромагнітний ЕРСВ 420(Л/Ф)/520(Л/Ф) Ду=40мм

2.7.3. Підбір регуляторів витрат

Підбір регулятора на перемичці:

k_v - витрати через клапан при реальному перепаді тиску, м^3/год

$$k_v = \frac{G_{\text{кл}}}{\sqrt{\frac{\Delta P_{\text{кл}} \cdot \rho_4}{\rho_{70}}}}$$

де $G_{\text{кл}}$- витрати води, які проходять через клапан (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 14), кг/с.

$$G_{\text{кл}} = G_{\text{пм}} = 39{,}43\text{кг/с}=3{,}6 \cdot 39{,}43 = 141{,}95 \text{ м}^3\text{/год}$$

$$\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{котла}} + \Delta P_{\text{арм,тр}}$$

де $\Delta P_{\text{котла}} = 25$ м-витрати натиску в котельному агрегаті , м (приймається з паспорту котла)

$\Delta P_{\text{арм,тр}} = 3$м

$\Delta P_{\text{кл}} = 25 + 3 = 28$м

$\rho_4 = 1000$ кг/м3-густина води при температурі 4˚С

$\rho_{70} = 978$ кг/м3- густина води при температурі 70˚С

$$k_v = \frac{141{,}95}{\sqrt{\frac{2{,}8 \cdot 1000}{978}}} = 83 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

k_{vs} - витрата через клапан при заданому перепаді тиску, м^3/год

$$k_{vs} = 1{,}2 \cdot k_v$$

$$k_{vs} = 1{,}2 \cdot 83 = 99{,}6 \text{ м}^3\text{/год}$$

Приймаємо клапан регулюючий КМР ЛГ Ду80 $k_v = 100$ м^3/год

Підбір регулятора підживлення:

k_v - витрата через клапан при реальному перепаді тиску, м^3/год

$$k_v = \frac{G_{\text{кл}}}{\sqrt{\frac{\Delta P_{\text{кл}} \cdot \rho_4}{\rho_{60}}}}$$

де $G_{\text{кл}}$ - витрата води, яка проходить через клапан (приймається з табл.2 «Розрахунок теплової схеми» пункт 7), кг/с.

$$G_{\text{кл}} = G_{\text{піджТ2}} = 2{,}63 \text{ кг/с}=3{,}6 \cdot\ 2{,}63 = 9{,}47\text{м}^3\text{/год}$$

$$\Delta P_{\text{кл}} = \Delta P_{\text{котла}} + \Delta P_{\text{арм,тр}} + \Delta P_{\text{Т1,Т2}} - \Delta P_{\text{Т3}} - \Delta P_{\text{тепл1}} - \Delta P_{\text{тепл2}} - \Delta P_{\text{арм,тр}}, \text{ м}$$

$\Delta P_{\text{котла}} = 25\text{м}$ - витрати натиску в котельному агрегаті , м (приймається з паспорту котла)

$$\Delta P_{\text{арм,тр}} = 3\text{м}$$

$\Delta P_{\text{Т1,Т2}} = 27$ м - витрати натиску в мережі Т1, Т2 (приймається по завданню на проектування), м

$\Delta P_{\text{тепл1}} + \Delta P_{\text{тепл2}} = 9{,}68\text{м}$ – в теплообмінниках (приймається з розрахунку теплообмінників).

$\Delta P_{\text{Т3}} = 31$ м – витрати натиску в мережі Т3 (приймається з завдання на проектування), м

$$\Delta P_{\text{кл}} = 25 + 3 + 27 - 31 - 9{,}68 - 3 = 11{,}4 \text{ м}$$

$\rho_4 = 1000$ кг/м3- густина води при температурі 4˚С

$\rho_{60} = 983$ кг/м3- густина води при температурі 60˚С

$$k_v = \frac{9{,}47}{\sqrt{\frac{1{,}14 \cdot 1000}{983}}} = 8{,}85 \text{ м}^3\text{/год}$$

k_{vs}- витрата через клапан при заданому перепаді тиску, м^3/год

$$k_{vs} = 1{,}2 \cdot k_v$$

$$k_{vs} = 1{,}2 \cdot 8{,}85 = 10{,}6 \text{ м}^3\text{/год}$$

Приймаємо клапан регулюючий КМР ЛГ Ду25 $k_v = 12$ м^3/год

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ КОТЕЛЬНІ

3.1. Аеродинамічний розрахунок повітряного тракту котельні

Для забезпечення ефективного та стабільного горіння у газових пальниках котельних агрегатів необхідна подача повітря з визначеними параметрами швидкості та витрати. З огляду на це, в проекті передбачено використання механічної припливної вентиляційної системи.

До складу припливної установки входять такі основні елементи:

повітроприймальні пристрої (решітки) для забору зовнішнього повітря;

повітроводи круглого перерізу, що транспортують повітря до топкового простору;

регулювальні клапани, які забезпечують контроль об’єму подачі повітря;

дуттєвий пристрій (вентилятор), який створює необхідний тиск і подає повітря з потрібною витратою безпосередньо до зони горіння.

Проектне значення витрати повітря визначається на основі питомого повітроподавання до газових пальників, з урахуванням коефіцієнта надлишку повітря та теплопродуктивності котла. Швидкість руху повітря у повітроводі не повинна перевищувати допустимих значень, щоб уникнути надмірного шуму та втрат тиску.

Для забезпечення рівномірного розподілу повітря в топковому приміщенні здійснюється підбір відповідних повітророзподільних пристроїв. Підбір виконується за критеріями:

забезпечення рівномірної подачі повітря в зону горіння;

відсутність зон застою повітря;

відповідність швидкості повітря на виході з дифузорів допустимим санітарно-технічним нормам (зазвичай не більше 5 м/с для робочої зони);

мінімізація шуму при роботі системи.

Типові пристрої для розподілу повітря — це регульовані решітки, дифузори або соплові насадки, які забезпечують направлений потік повітря до зони пальника.

Всі елементи системи повинні відповідати нормам пожежної безпеки та бути виготовлені з вогнестійких матеріалів.

Методика розрахунку:

1)По заданій витраті повітря підбирають одну або декілька решіток з сумарним живим перерізом.

$$\sum f = L/(3600 \cdot V_{орієнт})$$

де L - об'ємна витрата повітря м^3/г,

$V_{орієнт}$ орієнтовна швидкість руху повітря в живому перерізі.

$n' = \sum f'/f_1$ – кількість решіток.

f_1 - площа живого перерізу одної решітки м^2;

n' - округлюємо до ближчого цілого числа з урахуванням компоновки. Визначаємо швидкість повітря в живому перерізі решіток.

$$V = L/(3600 \cdot \sum f)$$

$$\sum f = f_1 \cdot n$$

3) Визначаємо аеродинамічний опір при проході повітря через решітку.

$$\Delta P = \xi \cdot (\rho \cdot \frac{V^2}{2}) \text{ , Па}$$

Аеродинамічний розрахунок повітроводу:

Послідовність:

Визначення навантаження окремих розрахункових ділянок.

Нумерація ділянок

Визначення розмірів перерізу розрахункових ділянок

$$f' = L/(3600 \cdot V_{рек})$$

де L - об’ємна витрата повітря м^3/год,

$V_{рек}$- рекомендуєма швидкість руху повітря на ділянці, м/с

$f' = f$- стандартні розміри повітроводів. ($f \approx f'$)

Визначаємо фактичні швидкості руху повітря

$$V = L/(3600 \cdot f), \text{ м/с}$$

Визначення втрат тиску на тертя по довжині

$$\Delta P_{др} = \lambda \cdot \left(\frac{l}{d}\right) \cdot (\rho \cdot \frac{V^2}{2}), \text{ Па}$$

$$\Delta P_{др} = R \cdot l \cdot \beta_{ш}, \text{ Па}$$

де R - питома втрата тиску на 1м довжини повітроводів, які визначаються по таблицям в залежності від V і d.

l- довжина розрахункової ділянки, м

$\beta_{ш}$, який враховує шорсткість поверхні в залежності від виду поверхні і швидкості руху повітря.

Визначення витрат тиску у місцевих опорах

$$\Delta P_{м.о.} = \sum\zeta \cdot (\rho \cdot \frac{V^2}{2}) = Z, \text{ Па}$$

$$Z = \sum\zeta \cdot \left(\rho \cdot \frac{V^2}{2}\right) = \sum\zeta * P_{дин.}, \text{ Па}$$

Визначення витрат тиску на розрахунковій ділянки

$$\Delta P_{діл} = R \cdot l \cdot \beta_{ш} + Z, \text{ Па}$$

Визначення витрат тиску у системі

$$\Delta P_{сист} = \sum(R \cdot l \cdot \beta_{ш} + Z) + \Delta P_{обл}, \text{ Па}$$

Таблиця 3.1

Характеристики повітряного тракту котельні

№	L, м³/г	l, м	Розміри повітроводів				V, м/с	R, Па/м	β	Rnl, Па	∑ζ	P(c), Па	Z, Па	Rnl+Z, Па	∑(Rnl+Z), Па	Примітка.
			a, мм	в, мм	d(e), мм	F, м²										
1	10000	7			630	0,312	4,46	1,318	1	9,226	3,5	11,91	41,69	50,91	50,91	решітка РСГ=2,1; відвід 90=0,8; трійник на прохід=0,6
2	10000	5,8			800	0,503	5,53	1,504	1	8,723	0,04	18,3	0,73	9,46	60,37	клапан=0,04

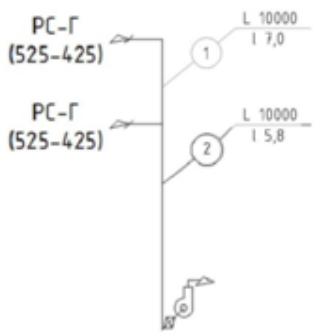


Рис. 3.1. Розрахункова аеродинамічна схема повітряного тракту

Для визначення аеродинамічних характеристик газового тракту виконується його розбиття на окремі розрахункові ділянки. На кожній із таких ділянок витрата димових газів вважається постійною, що дозволяє спростити розрахунок втрат тиску.

Розрахунок здійснюється відповідно до складеної розрахункової схеми (рис. 3.1 — Розрахункова аеродинамічна схема газового тракту), яка відображає послідовність елементів тракту: газоходи, фасонні частини, запірну арматуру, теплообмінні апарати та димососи.

Основними параметрами, що враховуються при аеродинамічному розрахунку, є:

геометричні характеристики каналів (довжина, діаметр або переріз, радіуси поворотів);

швидкість руху димових газів;

температура та щільність газів;

коефіцієнти місцевих опорів для елементів тракту (відповідно до типових значень або довідникових даних).

Загальні втрати тиску в газовому тракті визначаються як сума:

лінійних втрат на тертя в трубопроводах;

місцевих втрат у колінах, трійниках, заслінках та інших елементах.

Отримані значення втрат тиску використовуються для підбору димососів (або тягодуттєвих машин), які повинні забезпечити необхідну витрату димових газів з урахуванням подолання всіх гідравлічних опорів системи.

L – розрахункова витрата димових газів на ділянкі, м^3/ г:

$$L = B_{\text{р}} \cdot \left(V_{\text{ух}} + \Delta\alpha \cdot V_o\right) \cdot \left(\frac{t_{\text{ух}}+273}{273}\right) \text{ м}^3/\text{ г},$$

де $B_{\text{р}}$- розрахункова витрата палива на котельний агрегат при номінальному режимі (з паспортних даних),

$V_{\text{від}}$ - об'єм газів, які йдуть, розрахованих на спалювання 1 м^3 газоподібного палива (приймаємо 10 м^3);

$\Delta\alpha$ – присоси повітря в газовому тракті котла;

V_o-теоретична кількість повітря, необхідна для спалювання 1 м^3 газоподібного палива;

$t_{від}$ - температура димових газів за котлом (з паспортних даних).

Підбирають стандартні розміри димоходів, d м і F,м^2

3) Визначення швидкості руху повітря на ділянках по формулі:

$$V = \frac{L}{3600 \cdot F}, \text{ м/с}$$

де F – площа перерізу прийнятого стандартного повітроводу, м^2

4) Визначення витрат тиску на тертя.

$$\Delta P_L = \frac{\lambda l}{d} \rho \frac{v^2}{2}, \text{ Па}$$

де λ- коефіцієнт гідравлічного тертя, приймаємо для стальних труб і газоходів, діаметр яких не більше 2 м, то $\lambda = 0{,}02$;

l– довжина ділянки, м;

d – внутрішній діаметр газоходу, або еквівалентний діаметр для газоходів прямокутного перерізу, м;

ρ – густина димових газів, при температурі після котельного агрегату (245 ^{0}С, по паспортним даним):

v – швидкість димових газів в газоходах і димових трубах, м/с.

5) Визначення витрат тиску на місцеві опори на розрахункових ділянках.

$$\Delta P_м = \sum \xi \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \text{ Па,}$$

де: $\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів.

6) Визначення сумарних витрат тиску на розрахункових ділянках.

$$\Delta P_{діл} = \Delta P_L + \Delta P_м, \text{ Па}$$

Допустима нев’язка між ділянками - 10%.

Усі розрахунки зведені в Таблицю 3.2

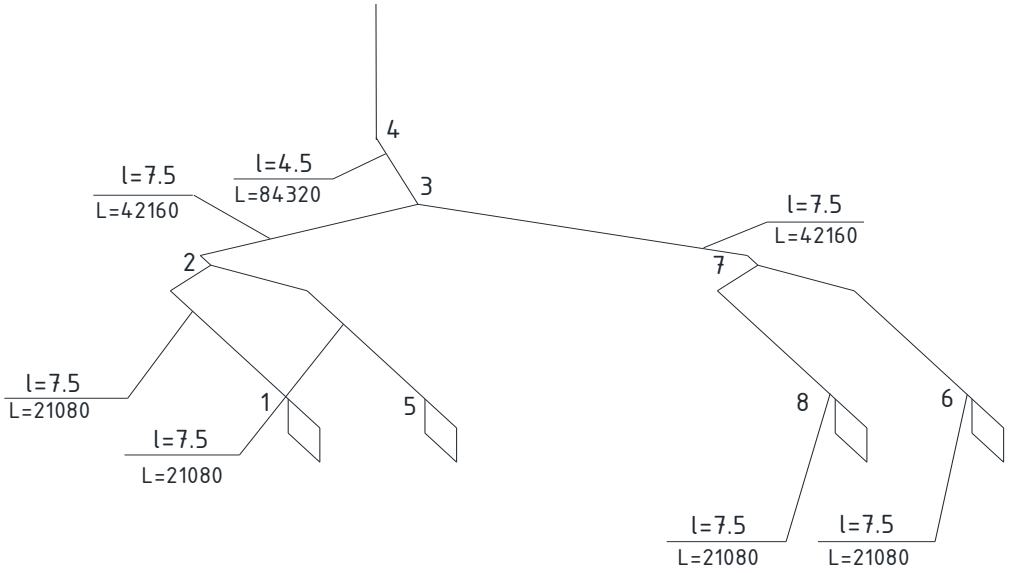


Рис. 3.2. Розрахункова схема для аеродинаміки

Таблиця 3.1

Аеродинамічний розрахунок

№ ділянки	L,м^3/г	d, м	F,м^2	v, м/с	λ	l,м	ρ	Σζ	ΔP_L, Па	ΔP_M, Па	$\Delta P_{діл}$, Па	Нев' язка, %
1	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Основна магістраль												
1-2	21080	0,80	0,50	11,66	0,02	8,00	0,84	1,98	5,00	112,99	117,99	
2-3	42160	1,15	1,04	11,28	0,02	5,80	0,84	1,21	4,00	64,68	186,67	
4-3	84320	1,60	2,01	11,66	0,02	3,70	0,84	1,30	1,12	74,19	261,98	
димар	84320	1,70	2,27	10,32	0,02	45,00	0,84	0,30	11,54	13,43	286,95	
5-2												
5-2	21080	0,80	0,50	11,66	0,02	8,00	0,84	1,78	5,00	101,58	106,58	9,67
Бокові відгалуження 6-3												
6-7	21080	0,80	0,50	11,66	0,02	8,00	0,84	1,98	5,00	112,99	117,99	
7-3	42160	1,15	1,04	11,28	0,02	5,80	0,84	1,21	4,00	64,68	186,67	0,00
Бокові відгалуження 8-7												
8-7	21080	0,80	0,50	11,66	0,02	7,50	0,84	1,78	5,00	101,58	106,58	9,67

Нев'язка менше 10%, умова виконується.

3.2. Розрахунок температурного подовження

1) на ділянки №1, 5, 6, 8.

$$\Delta l = \alpha \cdot 1 \cdot \Delta t = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 7.5 \cdot (153 - (-47)) = 18 \text{ мм.}$$

де: α- коефіцієнт температурного розширення (для вуглецевої сталі $\alpha=12x10^{-6}K^{-1}$);

l-довжина ділянкі трубопровода (7.5 м);

Δt-різниця температури теплоносія і температури зовнішнього повітря, при якій робиться монтаж трубопроводів.

2) На ділянці № 2,7

$$\Delta l = \alpha \cdot 1 \cdot \Delta t = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 7.5 \cdot (153 - (-47)) = 18 \text{ мм.}$$

3) На ділянці № 9

$$\Delta l = \alpha \cdot 1 \cdot \Delta t = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 4.5 \cdot (153 - (47)) = 11 \text{ мм.}$$

Встановлюємо компенсатори в з'єднанні між котельним агрегатом і газоходом, між газоходом і димовою трубою.

3.3. Розрахунок вибухових клапанів

Вибухові клапани на газовому тракті, проектуємо для запобігання газоходів від руйнування при раптовому підвищенні тиску. В якості легко руйнуючої поверхні застосовуємо паронит.

$F_{\text{виб. пов.}} = V_{\text{газоходу}} \cdot 0{,}05$

$V_{\text{газоходу}} = L_{\text{газоходу}} \cdot S_{\text{попер. пер.}}$

На основі розрахунку аеродинамічного розрахунку (переріз газоходу від котельного агрегату діаметром 820 мм) - площа поперечного перерізу газоходу $S_{\text{попер. пер.}} = 3{,}14x0{,}4^2 = 0{,}5м^2$. Довжину газоходу визначаємо з креслення «План на від. 0.000»

На ділянкі №1, 5, 6, 8.

1) $V_{\text{газоходу}} = l_1 \cdot S_{\text{попер. пер.}} = 7{,}5 \cdot 0{,}5 = 3{,}7м^3$

$F_{\text{виб. пов.}} = V_{\text{газоходу}} \cdot 0{,}05 = 3{,}7 \cdot 0{,}05 = 0{,}18м^2$

Приймаємо клапан ІДу600-2 діаметром 600 мм.

На ділянкі № 2, 7

2) $V_{газоходу}=l_1 \cdot S_{попер. пер.} = 7,5 \cdot 0,98=7,35$ м^3

$F_{виб. пов.} = V_{газоходу} \cdot 0,05 = 7,35$ х$0,05=0,36$ м^2

Приймаємо клапан ІДу800-2 діаметром 800 мм.

На ділянкі № 3

3) $V_{газоходу}=l_1 x S_{попер. пер} = 4,5 \cdot 3,14=14,13$ м^3

$F_{взр. пов.} = V_{газоходу} \cdot 0,05 = 14,13 \cdot 0,05=0,71$ м^2

Приймаємо клапан ІДу900-2 діаметром 900 мм.

3.4. Газопостачання котлової установки.

В об'єм газопостачання котлової установки входить проектування:

- газорегулюючої установки (ГРУ);
- внутрішнього газопроводу низького тиску від ГРУ до котлів;

Точкою підключення є існуючий уведення в котельню газопроводу.

Газопостачання передбачається природним газом, теплотворною здатністю $Q_н = 47458$ кДж/м^3, питомою вагою 0,68 кг/нм^3, тиск у точці підключення котельні $P_у = 0,6$ МПа (6,0 кгс/см^2).

3.4.1. Розрахунки параметрів газової суміші.

Компонентний склад газу наведений у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Середній склад і характеристика природного газу.

Показники	Середній склад							
	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	H_2S	N_2
Склад газу, %	74,8	8,8	3,9	1,8	6,4	-	нема	4,3
Щільність, кг/м^3	0,717	1,357	2,019	2,703	3,221	-	-	1,251
$Q^P_н$, кДж/м^3	35840	63730	93370	123770	146340	-	-	-
$V^o_в$, м^3/м^3	9,52	16,66	23,8	30,90	38,08	-	-	-
$L_н$, %	5	3,22	2,37	1,86	1,4	-	-	-
$L_в$, %	15	12,45	9,5	8,41	7,8	-	-	-

Більшість газоподібного палива, яке використовується в комунально-побутовому та промисловому секторах, є багатокомпонентними сумішами, що складаються з горючих речовин, інертних домішок, а також допускають наявність незначної кількості шкідливих компонентів, норми вмісту яких чітко регламентовані. Для забезпечення коректного технічного розрахунку параметрів газоспоживної системи необхідно попередньо встановити усереднені за добу характеристики газової суміші: її щільність, нижчу теплоту згоряння, стехіометричні об'єми горючої суміші та межі вибухонебезпечної концентрації.

Щільність суміші, кг/м^3:

$$\rho_{см}=0,01\sum_{i=1}^{n+m}\gamma_i\rho_i$$

де: γ_i - процентний вміст відповідного газу 1м^3 газової суміші, %;

ρ_i - щільність відповідного газу 1м^3 газової суміші, кг/м^3.

$\rho_{см}=0,01\cdot(74,8\cdot0,7168+8,8\cdot1,3566+3,9\cdot2,019+1,8\cdot2,703+6,4\cdot3,221+4,3\cdot1,2505)$
$=0,01\cdot104,2858=0,68$, кг/м^3.

Нижча теплота згоряння суміші, кДж/м^3:

$$Q^p_{Нсм}=0,01\sum_{i=1}^{n}\gamma_i Q^p_{Нi}$$

де: $Q^p_{Нi}$ – нижча теплота згоряння відповідного газу 1м^3 газової суміші, кДж/м^3.

$Q^P_{Нсм}=0,01\cdot(74,8\cdot35840+8,8\cdot63730+3,9\cdot93370+1,8\cdot123770+6,4\cdot146340)=$
$=47651,61$, кДж/м^3.

Теоретично необхідна кількість сухого повітря для горіння 1м^3 газу, м^3/м^3:

$$V^0_{СПсм}=0,01\sum_{i=1}^{n}\gamma_i V^0_{Пi}$$

де: $V^0_{Пi}$ - кількість сухого повітря для горіння 1м^3 відповідного газу, м^3/м^3.

$V^0_{СПсм}=0,01\cdot(74,8\cdot9,52+8,8\cdot16,66+3,9\cdot23,8+1,8\cdot30,90+6,4\cdot38,08)=$
$=12,509$, м^3/м^3.

Теоретично необхідна кількість вологого повітря, м^3/м^3:

$$V^0_{Псм}=V^0_{СПсм}(1+0,00124d_в)$$

де: $d_в$ - вологовміст повітря, гр/м^3 ($d_в$=13 гр/м^3).

$$V^0{}_{Всм} = 12,509\cdot(1+0,00124\cdot13)=12,711,\ м^3/м^3;$$

Теоретично необхідна кількість продуктів, що виходять при спалюванні 1м^3 газу:

$$V^0_{\sum см}=V^0_{СПсм}+0,00124\left(d_г+d_в V^0_{СПсм}\right)$$

де: $d_г$ - вологовміст газу, гр/м^3 ($d_в$=5 гр/м^3).

$$V^0{}_{\Sigma см} = 12,509+0,00124\cdot(5+13\cdot12,509)=12,717,\ м^3/м^3;$$

Концентраційна межа вибухонебезпеки, %:

а) без врахування баласту:

$$L_{Н(В)см}=\frac{100}{\sum_{i=1}^{n}\frac{\gamma_i}{l_{Н(В)см}}}$$

де: $l_{Н(В)см}$ – концентраційна межа вибухонебезпеки відповідного газу 1м^3 газової суміші, %.

$L_{Нсм}$ = 100/(74,8/5 +8,8/3,22 +3,9/2,37 +1,8/1,86 +6,4/1,4)=4,02, %;

$L_{Всм}$ = 100/(74,8/15 +8,8/12,45 +3,9/9,5 +1,8/8,41 +6,4/7,8)=14,01, %.

б) з урахуванням баласту:

$$L^{б}_{Н(В)см}=L_{Н(В)см}\frac{100\left(1+\frac{б}{1-б}\right)}{100+L_{Н(В)см}\frac{б}{1-б}}$$

де: б – баласт у суміші:

$$б=0,01\sum_{i=1}^{m}\gamma_i$$

б=0,01×4,3=0,043;

$L^{б}{}_{Нсм}$=4,02×(1+0,043/(1-0,043))×100/(100+4,02×0,043/(1-0,043))=4,193, %;

$L^{б}{}_{Нсм}$=14,01×(1+0,043/(1-0,043))×100/(100+14,01×0,043/(1-0,043))=14,548, %.

3.4.2. Гідравлічний розрахунок газопроводу.

Під час проектування газотранспортних трубопроводів підбір діаметрів труб здійснюється на основі гідравлічних розрахунків, метою яких є визначення внутрішнього перерізу трубопроводу, здатного забезпечити необхідну витрату газу за умов допустимих втрат тиску, що відповідають технічним та експлуатаційним вимогам системи.

Розрахункова ділянка мережі середнього або високого тиску характеризується квадратичним перепадом тиску, кПа^2:

$$p_н^2 - p_к^2 = 1{,}62 \lambda \rho_0 p_0 \frac{Q_0^2}{d^5} l$$

Окрім лінійних втрат тиску, що виникають через тертя газу при русі по трубопроводах, у певних ділянках систем, де змінюється швидкість або напрямок потоку, з'являються додаткові місцеві опори. Для зовнішніх мереж їх врахування здійснюється досить просто — шляхом збільшення довжини розрахункової ділянки приблизно на 10 %. Натомість для внутрішніх систем потрібен більш точний аналіз окремих місцевих опор із застосуванням відповідної формули:

$$l = l_ф + \sum \xi l_{екв}$$

де: l - розрахункова довжина ділянки газопроводу, м;

$l_ф$ - фактична його довжина, м;

ξ - сума коефіцієнтів місцевих опорів, розташованих на розглянутій розрахунковій ділянці;

$l_{екв}$ - еквівалентна довжина прямолінійної ділянки газопроводу, шляхові втрати тиску в якому дорівнюють втратам тиску в місцевому опорі зі значенням ξ=1:

$$l_{екв} = \frac{d}{\lambda}$$

Основною особливістю розрахунків мереж середнього (високого) тиску є визначення на кожній ділянці не перепаду тиску, а вузлових його значень. Так, тиск наприкінці розглянутого і- того ділянки визначиться по формулі, Па:

$$p_{кі}=\sqrt{p_{ні}^2-1,1Al}$$

де: А - питомі квадратичні втрати тиску, кпа2/м, обумовлені по формулі:

$$A=1,62\lambda\rho_0 p_0 \frac{Q_0^2}{d^5}$$

Для гідравлічного вв'язування окремих напрямків можливе використання складних ділянок (тут варіюючи довжинами складових ділянки можна довести δ якщо не до нуля, то до дуже малої величини) чи при $\Delta p_р=\sum_{i=1}^{n-m}\Delta p_{фі}$ дросельних шайб, внутрішній діаметр якої $d_ш$ визначається в такий спосіб. На початку розраховують коефіцієнт місцевого опору шайби, здатної погасити необхідний перепад тиску $\Delta p_ш$, відповідно до залежності:

$$\xi=\frac{0,0162\pi^2 d^4\Delta p_ш}{\rho_0 Q_0^2}$$

Де значення внутрішнього діаметра підставляється в мм. Далі, використовуючи графік функції $\xi=\xi(\bar{f})$, визначають відносну площу отвору шайби, а з неї діаметр шайби $d_ш=\sqrt{d^2\bar{f}}$). У випадку, якщо діаметр шайби вийшов менш 5 мм, доцільно на трасі встановлювати кілька шайб із більшим діаметром отвору.

Гідравлічний розрахунки газопроводу зведений у таблицю 3.4.

Тиск підключення газу перед кульовим краном працюючого пальника, кПа:

$$p_{підкл}=p_{к.з}+p_{кл}$$

де: $p_{к.з}$ - тиск камери згоряння, кПа;

$p_{кл}$ - тиск перед клапаном, кПа.

Для пальника RGL 9/1-D: $p_{підкл}=1,01+1,4=2,41$, кПа;

Для пальника RGL 7/1-D: $p_{підкл}=1,01+2,1=3,11$, кПа;

Для пальника RGL 9/1-D: $p_{підкл}=1,01+2,1=3,11$, кПа.

Таблиця 3.3

Гідравлічний розрахунки газопроводу.

№ діл	Q,м^3/г	l, м	$D_н$×S, мм	∑ξ	$L_{ек}$в	$l_р$	Квадратичні втрати тиску		$P_{ні}$, кПа	$P_{кі}$, кПа	δ, %
							A, кПа^2/м	Al, кПа^2/м			
0-1	912,42	16,38	159×4,5	0,6	3,3	18,36	2,3	42,228	30	29,29	
1-2	858,41	2,62	159×4,5	1	3,2	5,82	2,1	12,222	29,29	29,08	
2-3	750,58	2,24	159×4,5	1	3,1	5,34	1,7	9,078	29,08	28,92	
3-4	642,75	12,09	159×4,5	1	2,9	14,99	1,2	17,988	28,92	28,61	
4-5	428,5	4,05	159×4,5	1	2,8	6,85	1	6,85	28,61	28,49	
5-6	214,25	4,05	159×4,5	1,5	2,8	8,25	0,9	7,425	28,49	28,36	
		2,85	89×3,0	2,9	2,8	10,97	2,7	29,619	28,36	27,83	91,34*
7-5	214,25	2,85	89×3,0	2,9	2,8	10,97	2,7	29,619	28,49	27,96	91,38*
8-4	214,25	2,85	89×3,0	2,9	2,8	10,97	2,7	29,619	28,61	28,09	91,42*
9-3	107,83	3,03	57×3,0	2,9	1,9	8,54	7	59,78	28,92	27,87	88,84**
10-2	107,83	3,03	57×3,0	2,9	1,9	8,54	7	59,78	29,08	28,03	88,91**
11-1	54,01	4,09	57×3,0	2,9	1,7	9,02	3,5	31,57	29,29	28,74	89,18***

3.4.3. Підбір устаткування.

Підбір основного встаткування ГРУ.

Розрахункова витрата ГРУ складає 912,42 м^3/г;

Тиск на вході в ГРУ 0,6 МПа;

На виході 0,03 МПа;

Підбір регулятора тиску:

Підбір регулятора тиску полягає у виборі типу регулятора і визначення прохідного клапана, при якому забезпечується пропуск розрахункової кількості газу.

При цьому виходячи із припущення, що розрахункова пропускна здатність регулятора повинна бути на 20% більше необхідного максимальної витрати, витрата газу визначається по формулі, м^3/г:

$$Q_{мах}=1,2\cdot Q_р$$

де: $Q_р$ – розрахункова витрата газу за, м^3/г.

$$Q_{мах}=1,2\cdot 912,42=1094,90,\ м^3/г.$$

При заданих тисках підходить регулятор блоковий РДГБ-50Н (регулятор тиску РДБК1-50-35 і запобіжний запірний клапан у зборі). Пропускна здатність регулятора становить 2724 м^3/г.

Тому щільність газової суміші відрізняється від щільності газу за графіком , зводимо виправлення на щільність:

$$К_u=\frac{0,815}{\sqrt{\rho}}$$

де: ρ - щільність газової суміші, кг/м^3.

$$К_u=\frac{0,815}{\sqrt{0,68}}=0,99$$

Тоді пропускна здатність регулятора становить:

$$Q_{мах}=2724\cdot 0,99=2697,\ м^3/г.$$

Завантаження регулятора становить:

$$Q_{розр}/Q_{мах}=(1094,90/2697)\cdot 100\%=40,6\% < 80\%$$

Перевіримо пропускну здатність регулятора по формулі:

$$Q=1595fk_v\varphi P_{вх}\sqrt{\frac{1}{\rho}}$$

де f – площа перетину клапана, см^2, f =9,62 см^2;

k_v – коефіцієнт витрати газу, k_v =0,65;

φ – коефіцієнт витрати, що залежить від відношення вихідного і вхідного тисків, φ =0,28.

$$Q_{мах}=1595\cdot 9,62\cdot 0,65\cdot 0,28\cdot 0,6\cdot\sqrt{\frac{1}{0,68}}=2027,41,\ м^3/г.$$

$$Q_р/Q_{мах}=(1094,90/2027,41)\cdot 100=54 < 80\%$$

Вибір клапана відсікача ПЗК:

Клапан відсікач встановлюється на високій стороні перед регулятором тиску й вибирається по діаметру приєднувального патрубка регулятора. Приймаємо клапан КПЕГ-50 П.

Верхня межа настроювання на відсічення встановлюється:

$1,25 \cdot P_р = 1,25 \cdot 0,03 = 0,0375$, МПа.

Нижня межа настроювання на відсічення встановлюється:

$0,75 \cdot P_р = 0,75 \cdot 0,03 = 0,0225$, МПа.

Вибір клапана ПСК:

Приймаємо скидальний клапан ПСК-50С/50.

Визначаємо кількість газу, що підлягає скиданню через клапан, по формулі:

$$V \geq 0,0005 \cdot Q_р$$

$$V \geq 0,0005 \cdot 912,42 = 0,46, \text{ м}^3/\text{г}.$$

Проводимо перевірку пропускної здатності обраного клапана по формулі:

$$Q_k = 0,00037 \cdot Q_k' \cdot T / P_{вх},$$

де: Т – абсолютна температура газу, °С, Т=273 °С;

$P_{вх}$ – абсолютний тиск газу перед клапаном з урахуванням перевищення на 15% робочого тиску, МПа.

$$P_{надл} = 1,15 \cdot P_р = 1,15 \cdot 0,03 = 0,0345, \text{ МПа};$$

$$P_{вх} = 0,10132 + 0,0345 = 0,13582, \text{ МПа}.$$

$$Q_k' \geq 0,005 \cdot Q_{мах}$$

де: $Q_{мах}$ – максимально можлива продуктивність обраного регулятора тиску.

$Q_k' \geq 0,005 \cdot Q_{мах} = 0,005 \cdot 2027,41 = 10,14$, $\text{м}^3/\text{г}$

$Q_k = 0,00037 \cdot 10,14 \cdot 273 / 0,13582 = 7,54$, $\text{м}^3/\text{г}$.

Таким чином установлено, що обраний клапан забезпечить необхідне скидання газу.

Вибір газового фільтра:

Ухвалюємо фільтр сітчастий ФГ-50С.

Для фільтрів цієї марки припустимі втрати тиску становлять 5000 Па.

Вибір вимірювального комплексу:

Для комерційного обліку споживання газу в котельні ухвалюємо вимірювальний комплекс обліку газу Логіка СПГ-761 НФП . Вимір і обчислення виконуються для наступних діапазонів зміни параметрів газу:

- абсолютний тиск – от 0,1 до 12 МПа;
- температура – от -20 до +50ºС;
- вміст азоту – от 0 до 0,15 молярних часток;
- вміст діоксида вуглецю – от 0 до 0,15 молярних часток;
- вологовміст – от 0 до 0, 15 об'ємних часток;
- щільність сухого газу при стандартних умовах – не менш 0,6 кг/м^3.

Добір обладнання обліку витрати газу.

Лічильник газу ухвалюється по пропускній здатності обираного лічильника.

Приймаємо:

Для котла: лічильник газу ротаційний RVG G100 $Д_у$50 $Р_у$1,6 МПа;

РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ВОДО ПІДГОТОВКИ КОТЕЛЬНІ

4.1. Вибір технологічної схеми обробки

У практиці водоочищення застосовуються два основні типи конструкцій освітлювачів. Перший тип передбачає рух води знизу вверх через шар попередньо осадженого осаду, з яким вона вступає в контакт. При цьому швидкість потоку має бути достатньо великою, щоб підтримувати осад у завислому стані (так званий псевдозріджений шар), але не перевищувати швидкість вільного осадження пластівців у нерухомій воді.

Другий тип конструкцій освітлювачів має спеціальну зону — камеру реакції (або камеру пластівцеутворення), яка, як правило, обладнана механічними мішалками. У цій камері вода змішується з осадом, що вже випав, внаслідок чого утворюються більші пластівці. Після цього вода надходить у зону освітлення, де ці пластівці ефективно виділяються.

Перші конструкції освітлювачів з псевдозрідженим шаром були запропоновані Є.М. Тетеркіним, а тип із механічною камерою реакції — Ч. Спольдінгом.

На рисунку 5.1 представлена схема освітлювача з конічним дифузором за системою Є.М. Тетеркіна. Вода, попередньо змішана з реагентами, подається з вологовідділювача по трубопроводу 1 у нижню частину дифузора 2. При підйомі вгору потік розширюється, його швидкість знижується до такого рівня, при якому у дифузорі формується шар завислого осаду 3. Надлишок осаду поступово переливається через край дифузора і опускається в зону ущільнення осаду 4. Освітлена вода, проходячи через захисний шар над дифузором, збирається жолобом 5 і подається на фільтрацію. Осад, який накопичився через дірчасту трубу 6 виводиться трубопроводом 7 у каналізацію — безперервно або періодично.

Схема освітлювача системи Ч. Спольдінга з вбудованою механічною камерою реакції подана на рисунку 4.1.

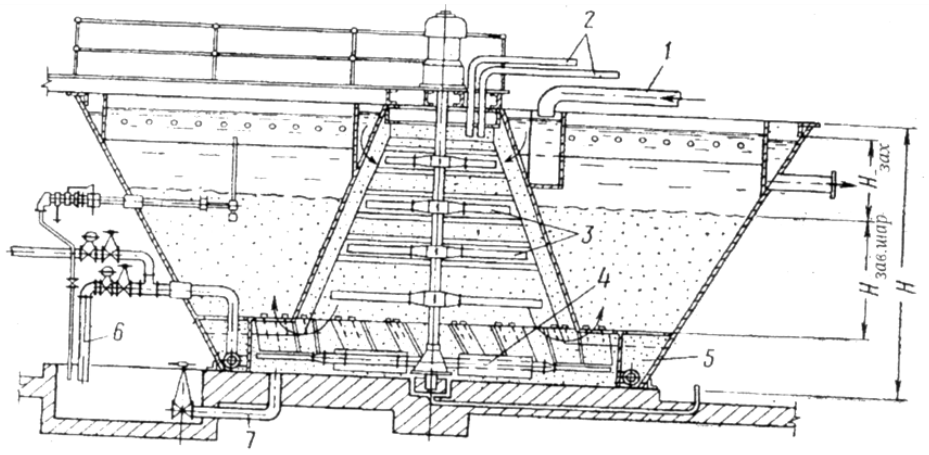


Рис. 4.1. Освітлювач з вбудованою камерою реакції конструкції Ч. Спольдінга

Освітлювач являє собою зрізаний конус, поставлений на меншу основу. В У центрі конструкції розміщується камера реакції у вигляді зрізаного конуса, встановленого на більшу основу. Вода подається в камеру реакції через трубопровід 1, реагенти – по трубопроводах 2. У центрі камери реакції знаходиться вертикальний змішувач. Надлишок осаду із завислого шару осідає в осадоущільнювач 5, звідки він видаляється в стік через трубопровід 6, обладнаний автоматичним клапаном.

В освітлювачах системи Є.М. Тетеркіна та Ч. Спольдінга освітлення води досягається при пропусканні її знизу вгору крізь шар завислого у висхідному потоці осаду. Існують конструкції освітлювачів, у яких освітлення води відбувається під час її радіального горизонтального руху з камери реакції до збірних жолобів.

В освітлювачах реалізуються два основні процеси оброблення води:

флокулювання мікропластівців у великі агреговані пластівці;

виділення цих пластівців із води, що освітлюється.

Для ефективного флокулювання необхідне перемішування води, а для виділення пластівців – створення зон зі швидкістю потоку, меншою за швидкість вільного осадження у нерухомій воді. У зв’язку з цим в освітлювачах усіх типів передбачено зону реакції (захоплення мікропластівців осадом) та зону освітлення води.

Високі швидкості, необхідні для перемішування води з осадом, забезпе-

чуються механічними або гідравлічними способами, зокрема шляхом встановлення в нижній частині освітлювача дифузорів. Вертикальна швидкість потоку води в цих елементах досягає значень, за яких виникає турбулентне перемішування води з раніше утвореним осадом.

Зниження швидкості висхідного потоку в зоні освітлення до значень, що забезпечують осадження пластівців, досягається або за рахунок збільшення площі поперечного перерізу освітлювача, або шляхом часткового відведення води разом з осадом до осадоущільнювача.

Залежно від способу відведення осаду освітлювачі поділяються на:

гравітаційні;

примусові.

За розташуванням осадоущільнювача освітлювачі класифікуються на:

з вертикальним осадоущільнювачем;

з піддонним осадоущільнювачем;

без осадоущільнювача (ущільнення осаду відбувається у нижній частині освітлювача).

Кожен із типів освітлювачів може бути відкритим або напірним.

До основних умов, що забезпечують стабільну роботу освітлювачів, належать:

ефективне відведення шламу;

рівномірний розподіл води по перерізу апарата;

належне відведення освітленої води.

Схема освітлювача з природним відбором осаду зображена на рис. 4.2. Вихідна вода через повітровідділювач 1, стояк 2 та систему труб 3 надходить у міждонний простір 4, який також виконує функцію камери реакції. Звідти вода через отвори у дірчастому дні 7 підіймається і проходить через шар завислого осаду 8. Надлишок осаду надходить у центральний осадоущільнювач 6, з якого видаляється через трубу 5. Освітлена вода переливається у відвідний жолоб 9.

В освітлювачі конструкції ВНДІГС (рис. 4.3) для рівномірного розподілу води передбачена нижня дренажна решітка, під якою розміщена система дірчас-

тих труб. Однак такі системи мають схильність до швидкого забруднення осадом, що призводить до зниження якості освітленої води.На рис. 4.4 наведено схему освітлювача коридорного типу з вертикальним осадоущільнювачем,.

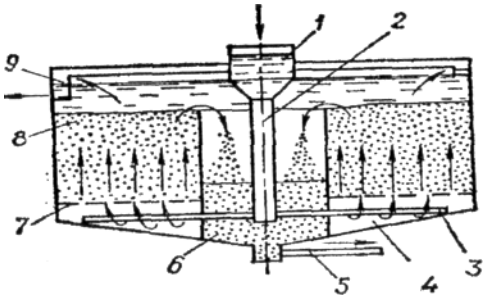


Рис. 4.2. Схема освітлювача з дірчастим розподільчим днищем

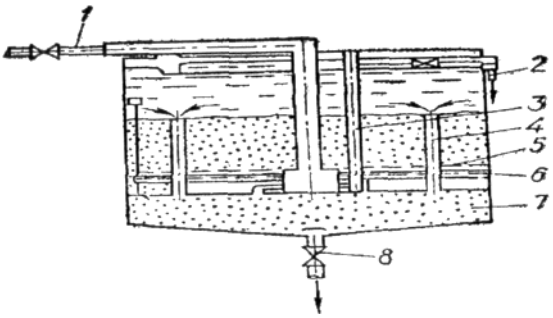


Рис. 4.3. Схема освітлювача конструкції ВНДІГС:
1 – подача води; 2 - відведення освітленої води; 3 - відсмоктування освітленої води з осадоущільнювача; 4 - відведення завиcі з контактного середовища; 5 - дірчасте дно; 6 - розподільчі труби; 7 - осадоущільнювач, 8 - видалення осаду

Даний тип освітлювачів застосовується на водоочисних станціях великої потужності для попереднього очищення і знебарвлення природної води з високим рівнем каламутності.

Конструктивно це залізобетонні резервуари прямокутної форми (у плані), які розділені внутрішніми перегородками на окремі коридори. Між суміжними відсіками з шаром завислого осаду розміщується вертикальний осадоущільнювач, обладнаний системою примусового видалення осаду. Для рівномірного розподілу потоку води вздовж коридорів, збору освітленої води в осадоущільнювачі та відведення осаду використовуються перфоровані труби.

Для підвищення ефективності роботи коридорного освітлювача над дренажною частиною камери розміщують шар контактного завантаження із кварцового піску. Його кількість становить приблизно 12 кг на квадратний метр площі освітлювача. При цьому важливо, щоб під час роботи установки пісок

фракцією 0,10–0,25 мм знаходився у стані зависі. Завдяки впровадженню такого технологічного рішення, продуктивність освітлювача може зрости на 15–20%.

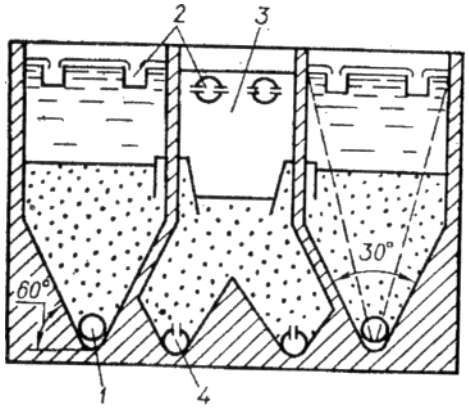


Рис.4.4. Схема освітлювача коридорного типу:

1 - подача води до перфорованих розподільчих труб, 2 - відведення освітленої води 3 - осадоущільнювач; 4 - видалення осаду

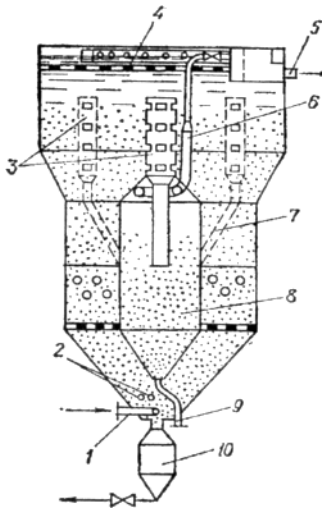


Рис. 4.5. Схема освітлювача ЦНДІ-1А:

1 - подача води; 2 - введення реагенту; 3 - відведення надлишку зависі з контактного середовища; 4 – дренажна решітка; 5 – вихід очищеної води;6 - відсмоктуванням очищеної води з осадоушільнювача; 7 - труби для відведення шламу; 8 – осадоушільнювач; 9 - видалення осаду; 10 - бункер для видалення крупних кристалічних формацій

У конструкціях освітлювачів, які розглянуто, вода змішується з реагентом до надходження її в апарат. Безпосередньо подавати реагенти у контактне середовище цих освітлювачів неможливо.

Для очищення води з одночасним її пом'якшенням і знекремніюванням ЦНДІ МШС розроблені освітлювачі з безперервною продувною виносного осадоущільнювача і освітлювачі з періодичним випуском осаду спеціально розміщеного осадоущільнювача. Вода вводиться в нижню частину цих освітлювачів. Введення реагентів здійснюється безпосередньо в освітлювач.

Це створює сприятливі умови щодо формування завислого контактного середовище і проходження фізико-хімічних процесів при видаленні з води домішок. Нижня частина освітлювача виконана у. вигляді кільцевого, конуса. Відведення осаду з освітлювача відбувається за допомогою висотної системи вікон.

Схему освітлювача ЦНДІМШС продуктивністю до 10 тис. м^3. У добу наведено на рис. 4.5. Освітлювачі ЦНДІ МШС можна розташовувати в будинках і поза ними. В останньому випадку стінки утеплюють, а над верхньою частиною встановлюють шатро.

У деяких конструкціях освітлювачів шар шламу перемішується механічною мішалкою. Наприклад, у широко відомому за кордоном акселераторі (рис. 4.6) вода, що обробляється, і реагенти подаються у першу зону реакції, де починається процес пластівцеутворення при контакті з пластівцями, які утворилися раніше. Мішалка підсмоктує завислий осад разом з водою, що обробляється, у другу зону реакції, а потім пластівцями надходить у зону завислого осаду, де процес контактної коагуляції закінчується. Основна частина осаду знову надходить у першу зону реакції, тобто безперервно циркулює. Надлишковий шлам подається в осадоущільнювач, який займає частину периферії акселератора, звідки він періодично або безперервно видаляється.

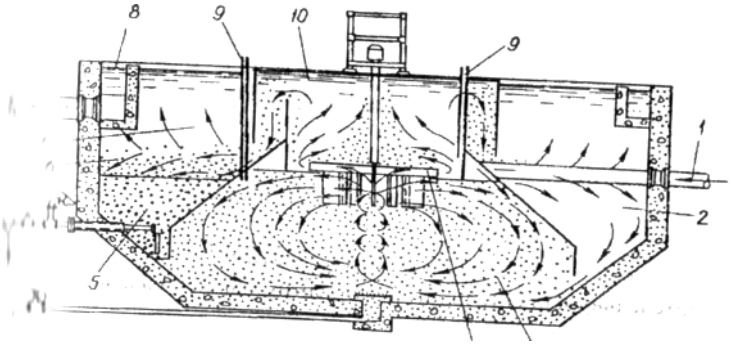


Рис. 4.6. Схема акселератора:

1 - подача сирої води, 2 - зона зворотного потоку, 3 - перша зона реакції; 4 - пропелерна мішалка; 5 - шламоущільнювач; 6 - зона завислого осаду; 7– зона освітлення; 8 - збірні жолоби; 9 - подача реагентів; 10 – друга зона реакції.

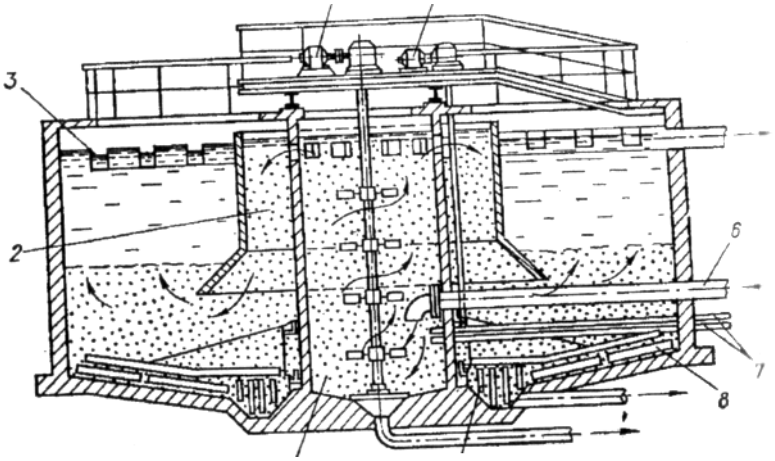


Рис. 4.7. Схема освітлювача конструкції Бінара і Бєльського:

1, 2 - первинна і вторинна камери реакції; 3 - збірні жолоби; 4 - привід мішалки камери реакції; 5 - привід скребкового механізму; 6 - подача води; 7 - подача реагенту

скребковий механізм; 9 - збірник осаду.

Освітлювачі, розроблені в Чехословаччині (рис. 4.7), відрізняються наявністю центральних камер пластівцеутворення з механічним перемішуванням. Введення реагентів здійснюється безпосередньо в камери реакції. Видалення осаду проводиться за допомогою скребкових механізмів. Оскільки об’єми зон збору та ущільнення осаду є малими, виникає необхідність встановлення поза освітлювачем відстійників для його зневоднення та ущільнення.

Зм’якшення води шляхом натрій-катіонування може здійснюватися як за одноступеневою схемою — фільтрація через один натрій-катіонітний фільтр, так і за двоступеневою — послідовна фільтрація через фільтри першого та другого рівнів. При цьому одноступенева схема має такі недоліки:

практично неможливе досягнення глибокого зм’якшення води із залишковою жорсткістю 0,01–0,02 мг-екв/л;

підвищена витрата солі на регенерацію фільтрів;

неповне використання іоннообмінної ємності катіоніту;

необхідність постійного контролю за "проскакуванням" солей жорсткості, кількість яких з часом зростає.

Зазначені недоліки усуваються при двоступеневому катіонуванні. Кількість ступенів катіонування визначається вимогами до якості підготовленої води. Наприклад, для живлення парових котлів із екранованими поверхнями, де необхідне глибоке знезалежнення, застосовується двоступеневе натрій-катіонування. Для води, яка використовується в теплових мережах, де необхідне лише зниження карбонатної жорсткості до 0,7 мг-екв/л, достатньо одноступеневого процесу з відключенням фільтра на регенерацію при досягненні залишкової жорсткості 0,1–0,2 мг-екв/л.

При цілодобовій роботі установки кількість натрій-катіонітних фільтрів першого рівня має бути не менше двох плюс один резервний. На другому рівні, як правило, встановлюють два фільтри спеціальної конструкції з висотою шару

катіоніту 1,5 м. У невеликих установках водопідготовки, для зменшення кількості обладнання та уніфікації, допускається використання фільтрів першого рівня також на другому рівні катіонування. У цьому випадку встановлюють не менше чотирьох фільтрів: два — першого рівня, один — другого рівня та один резервний, який зазвичай використовується під час регенерації основного фільтра або при ремонті одного з фільтрів.

Вихідними даними для розрахунку натрій-катіонітних фільтрів є:

продуктивність установки;

загальна жорсткість води, що надходить на фільтри;

необхідна залишкова жорсткість фільтрату.

Вихідною водою, що надходить на хімводопідготовку котельні, є неочищена природна вода, яка використовується для виробництва пари.:

Таблиця 4.1

Показники природного джерела

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Джерело водопостачання
Жорсткість Ca^{+2} $Ж_{Ca}$ Mg^{+2} $Ж_{Mg}$	мг-екв/кг	6.38 2.6 3.78
Лужність загальна		2.6
Зміст сульфатів $(SO_4)^{-2}$ Заліза	мг/кг мкг/кг	186.7 0
Кремнієва кислота $(Si_2)^{-2}$	мг/кг	0
Сухий залишок	мкг/кг	742
pH		7.65
Завислі речовини	мг/кг	2.8

У разі виявлення у вихідній воді, що подається на установку хімводоочищення (ХВО), мікроорганізмів, здатних спричиняти нітрифікацію із утворенням нітритів, слід періодично проводити санітарну обробку водопровідних комунікацій та завантаження прояснювальних фільтрів із застосуванням дезінфікуючого розчину хлорного вапна.

Вода, оброблена вапном і коагулянтами, являє собою результат первинного етапу реагентного очищення, під час якого з неї видаляються тонкодисперсні домішки органічного й неорганічного походження. Внаслідок такої обробки істотно знижується концентрація кремнієвокислих сполук, заліза та карбонатної жорсткості, яка знижується до рівня 0,7–0,8 мг-екв/кг. У режимі гідратного очищення також зменшується вміст іонів магнію та видаляється вільна вуглекислота. Загальна мінералізація (сухий залишок) також знижується, що забезпечує необхідну якість води для подальших етапів підготовки в теплоенергетичних системах

Котлова вода повинна відповідати наступним нормам якості:

Таблиця 4.2

Норми якості котлової води

Тип котла	Паровиробництво	Робочий тиск	Солевміст котлової води
БКЗ-75-39	75	40	7000

Якість компонентів живильної води – зокрема, конденсату блочної насосної турбіни (БНТ), конденсату мережевих підігрівачів, турбінного конденсату та конденсату інших підігрівальних агрегатів повинна відповідати вимогам до параметрів котлової води, передбаченим нормативними документами.

Вибір технологічної схеми водопідготовки

Перед хімічним знесоленням поверхневої води необхідно провести її попередню обробку з метою усунення завислих часток, органічних домішок, а також вільної вуглекислоти. Збільшення дози вапна на цьому етапі дозволяє додатково зв’язувати частину вуглекислоти, що потенційно дає можливість відмовитися від встановлення окремого блоку декарбонізації при подальшому частковому знесоленні.

Досягнення зазначених показників якості води забезпечується шляхом виконання процесів вапнування та коагуляції у пояснювачах з подальшою фільтрацією на фільтрах освітлювального типу.

Для підвищення ефективності очищення від органічних речовин і заліза, а також для покращення структури осаду, який формується під час вапнування, у воду додатково вводиться флокулянт – поліакриламід (ПАА). Це сприяє агломерації дрібних часток та інтенсифікації процесу осадження.

Вибір методу обробки живильної води для парових котлів ґрунтується на трьох ключових параметрах: обсязі продувки котлів, відносній лужності котлової води та концентрації вуглекислоти у водяній парі. Початково визначається доцільність застосування найпростішої схеми – натрій-катіонування – з огляду

на відповідність води цим критеріям. Продувка котлів визначається за формулою:

$$P = \frac{S_{О.В.} \cdot \alpha_{О.В.} \cdot 100}{S_{К.В.} - S_{О.В.} \cdot \alpha_{О.В.}} = \frac{790 \cdot 0{,}5 \cdot 100}{7000 - 790 \cdot 0{,}5} = 5\%$$

де Р – розмір продувки за сухим залишком, % паропродуктивності, $\alpha_{о.в.}$– втрати пари і чи конденсату частка хімічно обробленої води в живильній; приймається з табл. 10-1 [15] і складає 0,5 (чи 50% паропродуктивності котельні); $S_{к.в.}$- сухий залишок котлової води для котлів ПТВМ - 30 складає 7350 мг/л $S_{о.в.}$– сухий залишок обробленої води, мг/л:

$$S_{о.в.}=S_{в.в.}+2{,}96Ж_{Ca}+10{,}84Ж_{Mg}=742+2.96\cdot 2{,}6+10{,}84\cdot 3{,}78= 790мг/л.,$$

Як видно з розрахунку, величина продувки не перевищує припустимих для котлів з тиском 4 МПа 5%, за цим показником схему обробки води шляхом натрій-катіонування можна застосувати.

Відносну лужність котлової води $Л_{від}^{к.в.}$ чи, що те ж саме, хімічно обробленої води $Л_{від}^{о.в.}$ визначаємо за формулою:

$$Л_{ВІД}^{К.В.} = Л_{ВІД}^{О.В.} = \frac{40 \cdot Л_{О.В.} \cdot 100}{S_{О.В.}} = \frac{40 \cdot 2.6 \cdot 100}{790} = 13.6\%$$

де $Л_{о.в.}$– лужність води, обробленої за схемою натрій-катіонування, дорівнює лужності вихідної води (карбонатної твердості) — 2,6 мг-екв/л.

На основі розрахованого значення відносної лужності живильної води, що становить 41,3 %, згідно з нормативними вимогами дозволяється застосування технологічної схеми натрій-катіонування. При цьому передбачається дозування нітратів у хімічно підготовлену воду для забезпечення стабільності хімічного режиму.

Вміст вуглекислоти у водяній парі, що утворюється в процесі деаерації хімічно обробленої води в термічному барботажному деаераторі, розраховується за відповідною аналітичною формулою:

$$CO_2=22\cdot Л_{о.в.}\cdot\alpha_{о.в.}(1+\sigma)=22\cdot 2{,}6\cdot 0{,}5\cdot(1 + 0{,}7)=48{,}62 мг/кг,$$

де 22 — еквівалент CO_2, мг/кг; σ=0,7 — частка розкладання Na_2CO_3 у котлі. За концентрацією вуглекислоти в парі (68,97мг/кг) обов'язкове застосування

схеми обробки води зі зниженням вмісту бікарбонатів (лужності) у вихідній воді. Це може бути досягнуто вапнуванням.

Згідно з результатами перевірного гідрохімічного розрахунку, технологічна схема натрій-катіонування повністю відповідає вимогам до якості підготовленої води. Для живлення парових котлів обґрунтовано вибір наступної послідовності етапів водопідготовки:

первинне вапнування та коагулювання в прояснювачах;

повторне вапнування з наступним механічним фільтруванням очищеної води;

двоступенева натрій-катіонна обробка, яка забезпечує глибоке пом'якшення до залишкової жорсткості не вище 0,01 мг-екв/л;

термічна барботажна деаерація, що дозволяє знизити вміст розчиненого кисню до 0,03 мг/л та усунути близько 60 % напівзв'язаної вуглекислоти завдяки термічному розкладу гідрокарбонату натрію ($NaHCO_3$).

4.2. Розрахунок устаткування

Розрахунок установки попередньої обробки води.

$$Q=35\cdot 1,1=38,5 \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо дозу коагулянту К= 0,7 г-екв/л [1], дозу ПАА приймаємо 1,0 мг/л. При осадженні вапнуванням HCO_3 у першу чергу одночасно вилучається кальцій, тому залишкова карбонатна лужність вапнованої води, буде не менш 0,7 мг-екв/л. з огляду на те, що при цьому має місце відношення,

$$[Ca]_{в.в.}+К>[HC0_3]_{в.в}-[HC0_3]_{ост}=94,19+0,7>2,6-0,7$$

де $[Ca]_{в.в.}$ – вміст кальцію у вихідній воді, К – доза коагулянту, $[HC0_3]_{вв.}$ – карбонатна лужність вихідної води, $[HC0_3]_{ост}$ – залишкова карбонатна лужність вапняної води визначається при $Ж_{и.в.}>Л_{и.в.}$ за таблицею 2,1а і буде рівною 0,7 мг-екв/л.

Дозу вапна при вапнуванні визначаємо за рівнянням:

$D_в=[CO]_{в.в.}+[HCO_3]_{в.в.}-[HCO_3]_{ост}+К=21/22+2,6-0,7+0,7=3,55$ мг-екв/л,

де 21 – вміст вільної вуглекислоти у вихідній воді, мг/л; 22 еквівалент CO_2.

Сольовий склад після вапнування, з огляду на дозування реагентів буде мати вигляд:

1.Вапном осаджується HCO_3 у кількості

$$[HC0_3]_{в.в}-[HC0_3]_{ост}-=2,6-0,7=1,9 \text{ мг-екв/л.}$$

2.У першу чергу з катіонів осаджується Са. При прийнятому дозуванні вапна кількість Са в оброблюваній воді дорівнює кількості кальцію у вихідній воді плюс внесене вапном на дозу коагулянту:

$$[Ca]_{в.в} + К = 94,19 + 0,7 = 94,89 \text{ мг-екв/л.}$$

3.Кальцій, що осаджується у вигляді $CaCO_3$, зв'язується з іонами HCO_3 у кількості 1,9 мг-екв/л. Залишковий вміст кальцію у вапнованій воді буде:

$$[Ca]_{ост} =94,89 – 1,9 = 92,99 \text{ мг-екв/л.}$$

4.Вміст Mg і Na залишається тим же, що й у вихідній воді.

5.Залишкова карбонатна лужність дорівнює 0,7 мг-екв/л, буде складатися з іонів HCO_3^- і C_3^{-2} , кількісне співвідношення яких визначається в залежності від pH оброблюваної води.

6.Вміст сульфатів у вапнованій воді збільшується за рахунок дозування коагулянту $FeSo_4$ та буде дорівнювати:

$$[S0_4]_{вап}=[S0_4]_{вих} + К=186,7+0,7=187,4 \text{ мг-екв/л,}$$

де $[S0_4]_{вап}$ – вміст сульфатів у вапнованій воді, $[S0_4]_{вих}$ вміст сульфатів у вихідній воді.

7.Вміст хлоридів у вапнованій воді не змінюється.

8.Вміст SiO_3 при коагуляції з вапнуванням знижується приблизно на 50%. Кількість шламу, що утвориться при вапнуванні з коагуляцією визначається за рівнянням:

$$Q_{ш}^{в} = B + 50(Ж_{Ca}^{в} + D_{и}) + 0,56\alpha_{д}D_{в} + 53K + 29Ж_{Mg}^{в} =$$
$$2.8 + 50(2.6 + 3.55) + 0,56 \cdot 50 \cdot 3.55 + 53 \cdot 0,7 + 29 \cdot 3.78 = 556.42 г / м^3$$

де $Q_{ш}^{в}$ – кількість шламу, визначається при вапнуванні з коагуляцією, г/м^3; $Ж_{Ca}^{в}$ – кальцієва твердість, що видаляється при вапнуванні з коагуляцією, мг-

екв/л, $\alpha_д$ – кількість домішок у дозованому вапняному молоці, приймається рівним 20%; $Ж^{в}_{Mg}$ – магнієва твердість мг-екв/л.

Величина продувки прояснювача визначається за рівнянням:

$$P = \frac{(Q_з - B_0)\cdot 100}{1000\delta_{ср}} = \frac{(556.42 - 10)\cdot 100}{1000\cdot 27} = 2.023\% \ ,$$

де P – величина продувки прояснювача, %; $Q_з$ кількість завислих речовин, B_0 – залишковий вміст завислих речовин в обробленій воді після прояснювача, г/м^3; $\delta_{ср}$ – середня концентрація завислих речовин г/л.

Відповідно до проведеного гідрохімічного аналізу, обрана технологічна схема натрій-катіонування повністю відповідає вимогам щодо якості води для подальшого використання. Для забезпечення надійної роботи парових котлів рекомендовано наступну послідовність процедур водопідготовки:

первісне вапнування та коагуляція в прояснювачах;

повторне вапнування з подальшим механічним фільтруванням очищеної води;

двоступенева натрій-катіонна обробка, що забезпечує досягнення глибокого пом'якшення з залишковою жорсткістю не більшою за 0,01 мг-екв/л;

термічна барботажна деаерація, яка знижує концентрацію розчиненого кисню до 0,03 мг/л та дозволяє видалити близько 60% напівзв'язаної вуглекислоти за рахунок термічного розкладання гідрокарбонату натрію ($NaHCO_3$).Насоси вапнованої води приймаємо: два насоси (один резервний) типу БНДС-60, електродвигун А2-32-2, Q=250 м^3/година, N=75 квт Н= 650 кПа n=2940.

Для повного прояснювання вапнованої води установлюємо п'ять горизонтальних прояснювальних фільтрів діаметром 2000 мм.

Швидкість фільтрування в прояснювальних фільтрах визначаємо за формулою:

при нормальному режимі $w_н = \frac{Q}{f(a-1)} = \frac{38.5}{3.1\cdot(5-1)} = 3.1$м/с,

при форсованому режимі $w_н = \frac{Q}{f(a-2)} = \frac{38.5}{3.1\cdot(5-2)} = 4.1$

де 38,5 — витрата проясненої води з урахуванням власних потреб прояснювальних фільтрів, м^3/година, *f* – площа фільтрування стандартного горизонтального прояснювального фільтра діаметром 2000 мм, *a* – кількість фільтрів.

Витрата води на одне промивання фільтра, що спушує, визначається за формулою:

$$Q_{сп} = \frac{i \cdot 60 \cdot t \cdot f}{1000} = \frac{10 \cdot 60 \cdot 20 \cdot 3.1}{1000} = 37.2 \text{ м}^3$$

де *i* – інтенсивність розпушення, *t* – тривалість промивання, що спушує.

Для запобігання скиданню першої порції недостатньо очищеного фільтрату при розпушенні горизонтальних прояснювальних фільтрів буде використовуватися прояснена вода. Для цього передбачено встановлення резервуара з проясненою водою, який у разі необхідності також може слугувати накопичувачем проясненої води для потреб подальших етапів водоочищення..

Обсяг баку проясненої води для промивання, що спушує, прояснювального фільтру визначаємо за формулою:

$$V = \frac{aFi \cdot 60\tau}{1000} = \frac{1{,}3 \cdot 3.1 \cdot 10 \cdot 60 \cdot 20}{1000} = 48.36 \text{ м}^3$$

де V – обсяг баку для промивання, що спушує, а – коефіцієнт запасу, τ – тривалість промивання, що спушує. Приймаємо до установки один б а к проясненої води для промивання прояснювальних фільтрів ємністю 50 м^3.

Насос промивання повинен забезпечувати годинну витрату води на промивання фільтра:

$$Q = \frac{i \cdot 60 \cdot 60 \cdot f}{1000} = \frac{10 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 3.1}{1000} = 111.6 \text{ м}^3\text{/год},$$

насос розвиває напір не менш 10 кПа.

Приймаємо до установки насос для промивання освітлювальних фільтрів, що спушує, типу 8К-18= 300 м^3/год, Н=170 кПа електродвигуном А2-71-4=22 кВт, n=1450 об/хв,.

Для видалення затриманого шламу і відновлення гідродинамічного режиму фільтрів приймаємо одне промивання, що спушує, у добу кожного прояснювального фільтра, витрата води при цьому складе:

$$Q_{доб} = 37{,}2 \cdot 5 \cdot 1 = 1866 \text{ м}^3\text{/доб}.$$

чи в середньому

$$Q_{\text{с.год}} = 186/24 = 7,75 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Уточнена витрата води, що надходить на прояснювач, з урахуванням власних потреб установки попередньої обробки води складе:

$$Q_y = 38.5 + \frac{38.5 \cdot p}{100} + Q_{с.год} \frac{20}{100} = 38.5 + 38.5 \frac{55 \cdot 1,62}{100} + 7.75 \cdot \frac{20}{100} = 74.35 \text{ м}^3/\text{год},$$

де 20 – втрати води з продувкою шламу в баці регенеративних вод, %.

Бак регенеративних вод промивання, що спушує, прояснювальні фільтри приймається з розрахунку на одне промивання фільтра, що спушує. об'єм бака визначається по формулі:

$$V_{р.в.} = 1,3 \cdot Q_{вс} = 1,3 \cdot 37.2 = 48.36 \text{ М}^3.$$

Приймаємо до установки два баки регенеративних вод об'ємом 50 м^3 для відстоювання шламу і повернення відстояної води в прояснювач.

У першому баці протягом 4 год. відбувається заповнення і відстоювання, із другого в цей час відстояна вода подається в прояснювач з постійною витратою води 8 м^3/рік.

Насоси регенеративних вод забезпечують подачу в прояснювач 8 м^3/год промивні води від розпушення прояснювальних фільтрів після відстоювання в баці регенеративних вод.

Приймаємо до установки два насоси (один з них резервний) типу 3ДО-9, (Q = 45 м^3/год, Н=310 кПа., з електродвигуном АТ2-42-2, N = 75 кВт.

Устаткування для дозування реагентів в прояснювач вибирається на максимальну продуктивність кожного прояснювача. Насоси-дозатори встановлюються до кожного прояснювача, по двох на кожен реагент, що дозується (один — робочий, другий — резервний).

Витрата вапна у вигляді $Ca(OH)_3$ визначається за формулою:

$$Q_в^{доб} = \frac{24 \cdot 37,05 \cdot Q_y \cdot D_b}{1000} = \frac{24 \cdot 37,05 \cdot 74.35 \cdot 3.55}{1000} = 234.7 \text{ кг/доба}.$$

Витрата вапняного молока на добу визначається за формулою:

$$V_в^{доб} = \frac{Q_в^{доб} \cdot 100}{1000 \cdot p_в \cdot \rho_в} = \frac{234.7 \cdot 100}{1000 \cdot 5 \cdot 1,048} = 4.48 \text{ м}^3/\text{доб},$$

де $V_в^{доб}$ – витрата вапняного молока на добу, м^3/доба,

$p_и$ – концентрація вапняного молока, приймається 5%,

$\rho_у$ – густина вапняного молока г/см^2

Витрата 5%-ого вапняного молока на один прояснювач:

$$Q_в^{год} = \frac{V_в^{доб} \cdot 1000}{24 \cdot n} = \frac{4.48 \cdot 1000}{24 \cdot 2} = 93.3 \text{ л/год}$$

Приймаємо до установки по два насоса-дозатора вапняного молока типу НД-030/10 діапазоном регулювання подачі розчину що дозується від 0 до 750 л/год. тиском Р=100 кПа з електродвигуном АТ2-21-4, N=1,1 кВт.

Приймаємо до установки по дві гідравлічні циркуляційні мішалки вапняного молока ємністю V=14 м^3, $D_у$-2600 мм.

Насоси вапняного молока до гідравлічних мішалок вибираємо типу АР-100 продуктивністю 9700 л/год. тиском Р=300 кПа з електродвигуном АТ2-42-2, N=17кВт, n=1460 об/хв. Приймаємо два насоси.

Витрата коагулянту відповідно до прийнятої питомої витрати 0,7 г-екв/м^3 оброблюваної води визначимо за формулою:

$$Q_к^{доб} = \frac{24 \cdot Q_{у.} \cdot q_к \cdot E_к}{1000} = \frac{24 \cdot 74.35 \cdot 75{,}16 \cdot 0{,}7}{1000} = 93.88 \text{ кг/доб},$$

де $Q_к^{доб}$ – витрата безводного 100%-го коагулянту, кг/доб; $E_к$ еквівалент безводного коагулянту 75,16; q_k – максимально необхідна доза коагулянту, мг-екв/л.

Витрата 5%-ного розчину коагулянту визначимо за формулою:

$$V_к^{доб} = \frac{Q_к^{доб} \cdot 100}{1000 \cdot p \cdot \rho_к} = \frac{93.88 \cdot 100}{1000 \cdot 1.62 \cdot 1{,}048} \approx 5.53 \text{ м}^3\text{/доб},$$

тобто $V_г^{год} = \frac{V_к^{доб}}{24 \cdot 2} = 0{,}115 \text{ м}^3\text{/год}$

Приймаємо до установки два насоси-дозатори розчину коагулянту типу HD-400/1б Q=400 л/год, Р=100 кПа електродвигунами ВАО-21-4 = 1,1 кВт. У насоси-дозатори розчин надходить з видаткового бака розчину коагулянту.

Приймаємо до установки два видаткових баки розчину коагулянту ємністю 6,3 м^3, діаметром 2378.

Для готування розчину коагулянту на складі встановлюємо дві мішалки

максимальною ємністю V=2 м^3.

Насоси розчину коагулянту вибираємо типу 1.5х-6л-1-51 Q = 5,4÷12 м^3/год, Н-200 кПа з електродвигуном АТ2-31-2 N=3 квт, n=2880 об/хв Приймаємо до установки два насоси.

Витрату ППА визначаємо за формулою:

$$Q_{ППА}^{доб} = \frac{24 \cdot Q_y \cdot q_{ППА}}{1000} = \frac{24 \cdot 74.35 \cdot 1}{1000} = 1.78 \text{ кг/доб}$$

де $q_{ППА}$– доза визначається 1 кг/доб

Приймаємо до установки для розчинення ПАА.

При готуванні 1% розчину ПАА буде потрібно на добу готувати розчин один раз.

Приймаємо до установки видатковий бак 1% -ного розчину ПАА ємністю V=2 м^3.

Добова витрата розчину ПАА 0,1%-ного, що дозується визначається за формулою:

$$V_{ПАА}^{доб} = \frac{Q_{ПАА}^{доб} \cdot 100}{1000 \cdot 0{,}1 \cdot \rho} = \frac{1.78 \cdot 100}{1000 \cdot 0{,}1 \cdot 1} = 1.78 \text{ м}^3\text{/доб},$$

де $V_{ПАА}^{доб}$ – обсяг розчину поліакриламіну, що дозується, м^3/доб;

витрата на один прояснювач у годину складе:

$$V_{ПАА}^{доб} = \frac{V_{ПАА}^{доб} \cdot 1000}{24 \cdot 2} = 37.17 \text{ л/год}$$

Приймаємо до установки для дозування розчину ПАА по два насоса-дозатора на кожен прояснювач типу НД-400/10 і по одному видатковому баку розчину на кожен прояснювач.

Розрахунок натрій – катіонітових фільтрів.

Розрахунок натрій-катіонітових фільтром виконаний у табличній формі на підставі нормативних даних приведених у "Вказівках з проектування котлових установок" СН 350-86.

Таблиця 4.3

Натрій-катіонітові фільтри другої ступіні

Найменування величин	Позначення	Одиниця фізичної величини	Формула або обґрунтування	Розрахунок
1	2	3	4	5
1. Продуктивність фільтрів	Q_{NaII}	$м^3$/год	призначаємо	50
2. Діаметр фільтра	ø	мм	призначаємо	2000
3. Висота шару катионита (сульфвугілля)	$H_{шр}$	м	призначаємо	1,5
4. Площа фільтрування	f_{NaII}	$м^2$	Табл.. 5-3 [14]	3,1
5. Обсяг катіоніту	$V_к$	$м^3$	$f_{NaII} \cdot H_{шр}$	4,65
6. Кількість працюючих фільтрів	*a*	шт	призначаємо	4
7. Кількість резервних фільтрів (загальних з першою ступінню натрій-катіонування),		шт	призначаємо	1
8. Загальна твердість фільтрату (після першої ступіні натрій-катіонування), що надходить на фільтри другої ступіні катіонування)	$Ж_0^{ост-I}$	мг-екв/л	З попередніх розрахунків	0,1
9. Твердість фільтрату після другої ступіні катіонирования	$Ж_0^{ост-II}$	мг-екв/л	З попередніх розрахунків	0,02
Швидкість фільтрування	w_{NaII}	м/год	$w_{NaII} = Q_{NaII}/f_{NaII}$	16,3
10. Число регенерацій фільтра	*n*		$n = \frac{24 \cdot Ж_0 \cdot Q_{Na}}{f_{Na} \cdot H_{сл} \cdot E_p^{Na} \cdot a}$	0,02
11. Робоча обмінна здатність сульфовугіля на другій ступіні катіонірования при питомій витраті солі q_c = 350 г/г-екв і твердості води, що надходить на зм'якшення, 3,3 мг-екв/л,	E_{pNaII}	г-екв/$м^3$	Призначаю [14]	300
13.Витрата 100%-ї солі на одну регенерацію	Q_c	кг	$Q_c = \frac{E_p^{Na} \cdot f_{Na} \cdot H_{сл} \cdot q_c}{1000}$	488,25
14. Витрата міцного (26%-ого) розчину солі на одну регенерацію	$Q_{н.р.}$	м	$Q_{н.р.} = \frac{Q_c \cdot 100}{1000 \cdot 1{,}2 \cdot 26}$	1,564
15. Густина 26%-ного розчину солі при 20°С	ρ_{26}	т/$м^3$		1,2
16. Витрата технічної солі на регенерацію фільтра другої ступені кг/доб	$Q_{т.с.}$		$Q_{т.с.} = \frac{Q_c \cdot n_{NaII} \cdot a \cdot 100}{93}$	42

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
витрати води спушувальну Витрата води на регенерацію натрій-катіонітного фільтра другої ступені складається з:промивку	**$Q_{сп}$**	м^3	[див. формулу 5-19 [14])] $Q_{сп} = \frac{4 \cdot f_{NaII} \cdot 60 t_{вз}}{1000}$	22,32
Витрати води на готування регенераційного розчину,	$Q_{р.р.}$	м^3	[див. формулу (5-20) [14]] $Q_{р.р.} = \frac{Q_c \cdot 100}{1000 \cdot b \cdot \rho}$	4,56
концентрація регенераційного розчину, приймаємо для фільтрів другої ступені	b	%	(див. табл. 5-4),	10
густина 10%-ного розчину NaCl при 20 ^{0}C	ρ	г/см^3	(див. табл 15-6)	1,071
17. витрати води на відмивання катіоніта від продуктів регенерації	$Q_{от}$	м^3	[див. формулу (5-21)] $Q_{от} = q_{от} f_{NaII} H_{ш}$	27,9
18. Витрата води на одну регенерацію натрій-катіонітного фільтра другої ступіні з урахуванням використання відмивних вод на промивання, що спушує	$Q_{о.н.}$	м^3	[див. формулу (5-23)] $Q_{о.н.} = Q_{р.р.} + Q_{от}$	32,46
19. Те ж у середньому за добу	$Q_{о.н.}$	м^3/доб	$Q \cdot n_{NaII}$	0,65

Приймаємо Na-катіонітові фільтри першої ступені 4 штуки, другої ступені 4 штуки (одним загальний), діаметром 1500 мм. Насос промивання катіонітових фільтрів 4 до Q=25 м^3/година, Н= 300 кПа, електродвигун АТ2-41-2, n=2800 об/хв, N=25 кВт.

Склад реагентів

Реагенти для водопідготовчих установок котельні планується зберігати в спеціально відведеному приміщенні водопідготовки. Запаси реагентів розраховані на 30 діб при постачанні залізничним транспортом. У разі доставки залізницею передбачено можливість одноразового прийому великовантажного вагона, що забезпечить резерв реагентів на 5–10 днів. Збереження реагентів здійснюємо такими способами:

1. Збереження повареної солі.

Передбачаємо сухе збереження основної маси солі з запасом на 30 днів, і мокре збереження приготовленого розчину повареної солі в двох резервуарах обсягом 20 м^3 кожний. Резервуари виготовлені з залізобетону і мають антико-

розійне покриття. Насос розчину солі встановлюємо корозійно - стійким марки 1,5до-6д1-41 електродвигун ат2-31-2, q=6 м^3/година, h= 180 кпа, електродвигун ат2-41-2, n=2800 об/хв, n=3 квт.

Збереження міцного (26% - ного) розчину солі здійснюємо в мірниках. Проектуємо два мірника, ємності яких приймаємо з компоновчо-конструкторських міркувань. Приймаємо два мірника v=6,3 м^3 .

Обсяг розчину визначається за формулою:

$$V_{26} = \frac{Q_c^{Na} \cdot a \cdot n \cdot 100}{1000 \cdot 26 \cdot \rho_{26}} = \frac{5252 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 100}{1000 \cdot 26 \cdot 1{,}197} = 118 \text{ ,м}^3\text{/доб}$$

де V_{26} – обсяг міцного розчину солі, що витрачається за добу, м^3/доб;

Q_c^{Na} – Витрата солі на одну регенерацію фільтра, кг; ρ_{26} щільність 26% розчину nacl, n – число регенерацій кожного фільтра.

2. Збереження коагулянту

Так як збереження коагулянту практично ні чим не відрізняється від збереження солі, то призначаємо два баки розчину коагулянту v=6,3 м^3.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Охорона праці

Вступ

Одна з найважливіших державних задач - охорона життя та здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці. За даними Всесвітньої організації охорони праці смертність від нещасних випадків на сьогодні займає третє місце після серцево-судинних і онкологічних захворювань, причому переважно гинуть працездатні люди віком до 40 років. Аналіз причин смертності в Україні показує, що основною причиною смертності чоловіків у працездатному віці є нещасні випадки, отруєння, травми (30 - 35% усіх смертей у цьому віці).

Окрім соціального, охорона праці має безперечно важливе економічне значення - це і висока продуктивність праці, зниження витрат на оплату лікарняних, компенсації за важкі та шкідливі умови праці тощо. Фахівці Міжнародної організації праці (МОП) підрахували, що економічні витрати, пов'язані з нещасними випадками, складають 1% світового валового національного продукту.

За статистичними даними МОП кількість нещасних випадків на виробництві останнім часом зросла і становить 125 млн. чол. щорічно, з них близько 220 тис. гине.

Рівень травматизму і профзахворюваності значно вищий у країнах, що розвиваються, ніж у промислово розвинених державах.

На думку іноземних фахівців, які за програмою МОП працювали в Україні, велика кількість нещасних випадків зі смертельними наслідками пояснюється п'ятьма основними причинами: незадовільною підготовкою робітників і роботодавців з питань охорони праці; відсутністю належного контролю за станом безпеки на робочих місцях та виконанням встановлених норм; недостатнім забезпеченням працюючих засобами індивідуального захисту; повіль-

ним впровадженням засобів та приладів колективної безпеки на підприємствах; спрацьованістю засобів виробництва.

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України, Закони України: "Про охорону праці", "Про охорону здоров'я", "Про пожежну безпеку", "Про використання ядерної енергії та радіаційний захист", "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення", а також Кодекс законів про працю України (КЗпП).

Основоположним законодавчим документом в галузі охорони праці є Закон України "Про охорону праці" , дія якого поширюється на всі підприємства, установи і організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності, на усіх громадян, які працюють, а також залучені до праці на цих підприємствах. Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Проектування котельні, що розширюється повинно відповідати встановленим законодавчим актам нашої країни нормам про безпеку праці та життєдіяльності людини. Однією зі складових цієї котельній є приміщення де розташовано котлоагрегати. Проаналізуємо вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів та проведемо розрахунки щодо освітлення приміщення для котлів.

Закон України про охорону праці.

Цей закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи і організації або уповноваженим ним органом (далі - власник) і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Поняття охорони праці

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Дія закону поширюється на всі підприємства, установи і організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності (далі - підприємство) на усіх громадян, які працюють, а також залучені до праці на цих підприємствах (далі - працівники).

Законодавство про охорону праці

Законодавство про охорону праці складається з цього Закону, Кодексу законів про працю України та інших нормативних актів.

У разі, коли міжнародними договорами або угодами, в яких бере участь Україна, встановлено більш високі вимоги до охорони праці, ніж ті, що передбачено законодавством України, то застосовуються правила міжнародного договору або угоди.

Основні принципи державної політики в галузі охорони праці.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників по відношенню до результатів виробничої діяльності підприємства, повної відповідальності власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;

- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі національних програм з питань та урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони навколишнього середовища;

- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань;

- встановлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств, незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

- використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних і нешкідливих умов праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці;

- здійснення навчання населення, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

- забезпечення координації діяльності державних органів, установ, організацій та об'єднань громадян що вирішують різні проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між власниками та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами при прийнятті рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

- міжнародного співробітництва в галузі охорони праці, використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці.

5.2. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих чинників обладнання розташованого в котельній

Небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються за природою дії на наступні групи: фізичні, хімічні, біологічні, психофізичні.

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються на наступні:

- підвищена або знижена температура у робочій зоні;

- підвищена або знижена відносна вологість повітря в робочій зоні.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники підрозділяються:

- по характеру дії на організм людини на:

а) токсичні;

б) канцерогенні;

по шляху проникнення в організм людини через:

а) органи дихання;

б) шкірні покриви і слизисті оболонки.

Біологічні небезпечні і шкідливі виробничі чинники включають наступні біологічні об'єкти: - патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, гриби, прості) і продукти їх життєдіяльності.

5.3. Виробниче освітлення і його розрахунок

Метод коефіцієнта використання світлового потоку. Призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення, горизонтальної поверхні за відсутності великих затінюючих предметів з урахуванням світла відображеним стінами і стелею.

Виконаємо розрахунок загального освітлення приміщення для котлів, довжина якого - А = 31,3 м, ширина - В = 9 м, висота - Н = 7,5 м. Цех з побіленою стелею; з побіленими стінами при незавішених вікнах; темна розрахункова поверхня $\rho_Р$ = 10%; напруга в мережі V = 220В.

Розрахунок виконується як для люмінісцентних ламп.

1. Приймаємо відстань від стелі до світильника 3м.

2. Необхідна кількість світильників:

$$N = S/L^2 ,$$

де S - площа приміщення;

L – відстань між центрами світильників, приймаємо 3м.

$$N = 31,3 \cdot 9 / 3^2 = 31$$

Приймаємо 30 світильників (3 ряди по 3 шт.).

3. Знаходимо індекс приміщення:

$$i = A \cdot B/(h \cdot (A+B))$$

$$i = 31,3 \cdot 9/(7,5 \cdot (31,3+9))$$

4. По знаходимо коефіцієнт відбивання стелі $\rho_{ст}$ = 70% і коефіцієнт відбивання для стін $\rho_с$ =50% для розрахункової поверхні $\rho_р$ = 10%.

Для люмінесцентних ламп [табл.. 23, 24] при і = 0,9 $\rho_{ст}$ = 70% і $\rho_с$ =50%, $\rho_р$ = 10% для світильника типу ЛД знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку η = 0,42.

5. Знаходимо світловий потік однієї лампи:

$$Ф_р = (E_{min} \cdot S \cdot K_з \cdot Z)/(N \cdot \eta \cdot n) ,$$

де E_{min} = 100 лк – нормована освітленість (номінальна або мінімальна);

S – площа, $м^3$;

$K_з$ = 1,8 – коефіцієнт запасу, враховує експлуатаційне зниження освітленості в порівнянні з запроектованою унаслідок забруднення підволочі, світильники, ламп, а також зменшення світлового потоку в процесі їх експлуатації;

Z = 1,1 – коефіцієнт мінімальної освітленості, рівний відношенню середньої освітленості K_{min}, враховує нерівномірність освітленості і залежить від відстані між світильників і їх типів;

$$Ф_р = (100 \cdot 31,3 \cdot 9 \cdot 1,8 \cdot 1,1)/(30 \cdot 0,42 \cdot 2) = 2121 \text{ лм}$$

По знайденому світловому потоку вибираємо лампу типу ЛБ потужністю 30Вт, що має світловий потік 2180 лм найближчий до розрахункового.

6. Знаходимо фактичну освітленість:

$$E_Ф = E_н \cdot Ф_л / Ф_р$$

$$E_ф = 100 \cdot 2180/2121 = 103 \text{ лк}$$

$$((E_ф - E_н)/E_н) \cdot 100\% = 3\%$$

$E_ф$ відрізняється від E_{min} на 3% при припустимому – 10%... + 20%

7. Визначаємо потужність освітлювальної установки:

$$P_{заг} = P_л \cdot N \cdot n ,$$

де $P_л$ – потужність однієї лампи;

N – кількість світильників;

n – кількість ламп в одному світильнику;

$$P_{заг} = 30 \cdot 30 \cdot = 1,8 \text{ кВт.}$$

ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної роботи проведено реконструкцію опалювальної котельні з підвищенням її потужності до 30,26 МВт для нового житлового мікрорайону Липки у місті Вінниця. Основним видом палива для котельні є природний газ із нижчою теплотою згоряння 35,2 МДж/м³, резервним — мазут марки М100. Як теплоносій використовується вода.

До складу обладнання входить водогрійний котел типу КВ-ГМ-7,56-115. Для забезпечення необхідного тиску подачі теплоносія застосовуються спеціальні насосні агрегати. Також передбачено використання теплообмінників фірми ГФТА моделі ТПС-08. Котел оснащений димоходом, призначеним для виведення газоповітряної суміші, який має теплоізоляційне покриття з метою запобігання конденсації.

Для системи газопостачання котельні передбачено встановлення компенсаторів на кожній гілці, що дозволяють компенсувати температурне подовження трубопроводів у процесі проходження газоповітряної суміші димоходами. Крім того, у системі запроектовано вибуховий клапан, який забезпечує безпеку персоналу, запобігаючи можливим зворотним ударним хвилям тяги, що особливо актуально в міських умовах.

Для підготовки котлової води розроблено технологічну схему пом’якшення, зокрема розраховано і впроваджено натрій-катіонітний фільтр для ефективного зниження жорсткості води.

Також у роботі передбачено комплекс заходів з охорони праці, спрямованих на безпечну експлуатацію котельні та захист персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна».
2. ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація».
3. СНиП 3.05.01-85* «Внутрішні санітарно-технічні системи».
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія».
5. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».
6. «Курсове і дипломне проєктування з вентиляції громадських і промислових будівель» В. П. Титов, Е. В. Сазонов, Ю. С. Краснов, В. І. Новожилов. Київ, 2022 р.
7. Довідник проектувальника. Внутрішні санітарно-технічні пристрої. Частина І. «Опалення» В. М. Богословський, Б. А. Крупнов, А. М. Сканаві, під редакцією І. Г. Староверова та Ю. І. Шиллєр. Київ, 2000 р.
8. Каталог алюмінієвих радіаторів GLOBAL.
13. Chorna, M., Buhrimenko, R., Smirnova, P., Shynkar, S., & Zhuvakina, I. (2019). USE OF CONSOLIDATION STRATEGIES IN ORDER TO IMPROVE THE CORPORATE SECURITY: METHODOLOGICAL ASPECT. *Journal of Security & Sustainability Issues*, *8*(4), 783.
9. Жувагіна, І. О., & Химорода, І. І. (2022, October). Стратегічні імперативи забезпечення стійкого функціонування промислових підприємств як основи розвитку національної економіки. In *The 10 th International scientific and practical conference "Eurasian scientific discussions"(October 23-25, 2022) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2022. 474 p.* (p. 405).
10. Довідник з теплопостачання і вентиляції. Підручник 1-й. Р. В. Щокін, С. М. Кореневський, Г. Е. Беем. Київ, 2022 р.
11. Каталог фірми REHAU «Трубопровідна система RAUTITAN для водопровідного і радіаторного розведення».
12. Каталог балансувальних клапанів Danfoss.
13. Каталог фірми Danfoss «Радіаторні терморегулятори RTD».
14. Каталог фірми Grundfos «Циркуляційні насоси серії 2000».
15. Каталог фірми Sistemair.