

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕНЕРГЕТИКИ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Рівень вищої освіти – перший «бакалаврський» рівень

**на тему: «Підвищення ефективності енергопостачання
виробничо-адміністративних об'єктів Жовківської дільниці
Західного РЕМ ПрАТ «Львівобленерго» з розробкою схеми
системи теплопостачання з використанням
відновлювального джерела енергії»**

Виконав: студент 4 курсу групи Ен-41
Спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

Гладун Максим Володимирович
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Я.В. Шолудько
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент: д.т.н., проф. А.М. Тригуба
(підпис) (прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 697.1 (075.8)

Кваліфікаційна робота: -- ст. текстової частини, -- рис., -- табл., -- найменувань бібліографічних джерел.

Підвищення ефективності енергопостачання виробничо-адміністративних об'єктів Жовківської ділянки Західного РЕМ ПрАТ «Львівобленерго» з розробкою схеми системи теплопостачання з використанням відновлювального джерела енергії. Гладун Максим Володимирович. – Кваліфікаційна робота. Кафедра енергетики. – Львів-Дубляни, Львівський НУП, 2024.

Дано коротку характеристику енергопостачання Жовківської ділянки Західного РЕМ ПрАТ «Львівобленерго», обґрунтовано необхідність розробки теплової мережі і розробки схеми сумісної роботи газового водогрійного котла і альтернативного джерела енергії. В кваліфікаційній роботі запропоновано безканалну технологію будівництва теплової мережі з використанням попередньо ізольованих труб. Показано доцільність використання теплоти ґрунту для виробництва теплоносія, як альтернативного джерела енергії. Розроблено схему системи сумісної роботи газового водогрійного котла і альтернативного джерела енергії для теплозабезпечення виробничо-адміністративних об'єктів Жовківської ділянки Західного РЕМ ПрАТ «Львівобленерго». Висвітлено питання охорони довкілля та охорони праці, дано рекомендації щодо їх покращення. Техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність використання запропонованої системи теплопостачання.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖОВКІВСЬКОЇ ДІЛЬНИЦІ ЗАХІДНОГО РЕМ ПРАТ «ЛЬВІВОБЛЕНЕРГО»	7
1.1 Основні відомості	7
1.2 Енергозабезпечення підприємства	9
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	10
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧО-АДМІНІСТРАТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ	11
2.1 Гідравлічний розрахунок системи теплопостачання	11
2.2 Тепловий розрахунок системи теплопостачання	20
3 РОЗРОБЛЕНА СХЕМА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	31
3.1 Режими сумісної роботи теплових насосів з водогрійними котлами	31
3.2 Принцип роботи запроєктованої схеми системи сумісної роботи газового водогрійного котла і альтернативного джерела енергії	32
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	36
4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві	36
4.2 Розробка заходів щодо покращення стану охорони праці	38

4.3 Пожежна безпека	40
4.4 Шляхи покращення екологічного стану	40
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОНОСІЯ	42
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	46

ВСТУП

Ефективним способом економії дефіцитного органічного палива в сільському господарстві є вдосконалення технологічних рішень і конструкцій систем теплопостачання.

В даний час забудову центральних садиб сільськогосподарських виробництв необхідно проводити комплексно із формуванням центру сільського населеного пункту, де повинні розміщуватись торгові підприємства, будинок побуту, школа, дитячий садочок, тощо.

Перетворення сільських населених пунктів у сучасні села (селища) з належним благоустроєм вимагає оснащення їх всіма видами інженерних споруд, і в першу чергу тепло-, газо- і електропостачанням, а також водопостачанням і водовідведенням.

Будівництво систем інженерного обладнання в сільській місцевості, зокрема теплофікації, пов'язане із затратою великих капіталовкладень, матеріальних і трудових ресурсів, тому найважливішою задачею є підвищення ефективності їх використання.

Система теплопостачання сільського господарства має характерні особливості; їй притаманні відокремленість та різноманітність споживачів теплоти, нерівномірний характер теплових навантажень.

Тому в одних сферах сільськогосподарського виробництва та побуту передбачається децентралізоване, а в інших – централізоване теплопостачання.

Ефективне вирішення проблеми енергозабезпечення сільського господарства можливе лише за умови врахування усіх особливостей теплоспоживання, а також сучасних досягнень в галузі енергозберігаючих технологій сільськогосподарського виробництва.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ЖОВКІВСЬКОЇ ДІЛЬНИЦІ ЗАХІДНОГО РЕМ ПрАТ «ЛЬВІВОБЛЕНЕРГО»

1.1 Основні відомості

Жовківська дільниця Західного РЕМ ПрАТ «Львівобленерго» обслуговує електроспоживачів частини Львівського району Львівської області.

Жовківська дільниця Західного РЕМ ПрАТ «Львівобленерго» обслуговує споживачів електроенергії частини Львівського району Львівської області. Район повністю електрифікований. Жовківська дільниця входить до складу ПрАТ «Львівобленерго». Приватне акціонерне товариство «Львівобленерго» є правонаступником Державної акціонерної енергопостачальної компанії «Львівобленерго», яка була створена шляхом перетворення згідно з наказом Міністерства енергетики та електрифікації України від 17 серпня 1995 року № 156 та відповідно до Указу Президента України від 4 квітня 1995 р. Указ № 282/95 від дня «Про реструктуризацію електроенергетики України». Об'єднання виробників «Львівобленерго» було приєднано до Державного акціонерного товариства. Енергопостачальна компанія «Львівобленерго».

Юридична адреса ПрАТ «Львівобленерго»: Україна, 290026, м. Львів, вул. Козельницька, 3.

Основною метою ПрАТ «Львівобленерго» є отримання прибутку за рахунок задоволення потреб споживачів в електричній діяльності та інших товарах і послугах відповідно до тематики в умовах об'єднаної енергосистеми України. Отриманий прибуток спрямований на розвиток підприємства та задоволення економічних і соціальних потреб акціонерів і працівників акціонерного товариства.

Адміністративні та виробничі будівлі та споруди Жовківської дільниці розташовані в м. Жовква. Загальна довжина ЛЕП різної потужності наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристики ліній електропередач Жовківської дільниці ПрАТ «Львівобленерго»

№	Позначення ліній електропередач	Протяжність ліній електропередач, км
<i>Повітряні лінії електропередач</i>		
1	ПЛ-10 кВ	423,03
2	ПЛ-35 кВ	9,20
3	ПЛ-0,4 кВ	510,60
<i>Кабельні лінії електропередач</i>		
4	КЛ-10 кВ	15,56
5	КЛ-0,4 кВ	6,70
<i>Всього</i>		965,09

Річне споживання електроенергії в дільниці становить 12 589 642 кВт. На балансі Жовківської дільниці ПрАТ «Львівобленерго» є одна ПС-110/35/10-16,3 мВА, дві ПС-110/10-6,3 і 2,5 мВА та одна ПС-35/10-1,6 і 2,5 мВА.

У цьому районі майже немає великих споживачів електроенергії, тому що решта заводів не працюють на повну потужність, тому споживання електроенергії незначне. Споживання електроенергії здійснюється в основному юридичними та побутовими споживачами (10287 домогосподарств), все електрообладнання є в нормальному стані, всі споживачі користуються електроенергією..

Жовківська дільниця ПрАТ «Львівобленерго» обслуговує 29 закритих підстанцій (ЗТП) та 189 комплексних підстанцій (КТП). Жовківську дільницю обслуговує 49 працівників, в тому числі всі, хто працює на обленерго.

Дільниця в основному оснащена професійним автотракторним транспортом, в тому числі:

- бурова установка БМ-205 на базі трактора МТЗ-82;
- автопідйомник ТВГ-15Н, АП18;
- чотири спеціально обладнані позашляховики.
- автопідйомник на базі автомобіля ЗІЛ-445617;
- три вантажівки ГАЗ-53;
- три трактори МТЗ-80;
- автокран КС-2561Д на базі автомобіля ЗІЛ-130.

Технічне обслуговування та ремонт автотракторного транспорту створено у власній професійній майстерні. Завдяки правильному та швидкому обслуговуванню електрообладнання, підприємство успішно забезпечує надійне електропостачання споживачів.

1.2 Енергозабезпечення підприємства

Виробничі та адміністративні приміщення Жовківської дільниці забезпечуються електроенергією від власних мереж через закриту підстанцію типу ЗТП-27.

Аварійне живлення забезпечує стаціонарна дизельна електростанція ДЕС-40М1 потужністю 27 кВт. Пересувні електростанції використовують для роботи на віддалені об'єкти та інші потреби. Електростанція має потужність 16 кВт і виробляє трифазний змінний струм напругою 380 В.

Водопостачання Жовківської дільниці забезпечує міську водопровідну мережу, яка не тільки живе всю виробничу та адміністративну базу підприємства, але й частково житлові будинки працівників дільниці.

Дренаж скидається в каналізаційну мережу підприємства і підключається до міської каналізаційної мережі.

Газопостачання здійснюється центральною газовою мережею міста Жовква, через газорегуляторний пункт (ГРП), що підключений до газопровідної міської мережі. Після ГРП природний газ через газові лічильники та газорозподільні мережі подається до котельні, газових пальників котлів та інших будівель і споруд на території підприємства.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Країна переживає катастрофічну енергетичну кризу, пов'язану з нестачею енергії в країні, значна частина якої експортується з інших країн. Одним із найефективніших шляхів виходу з цієї кризи є суворе комплексне енергозбереження на всіх етапах і рівнях виробництва та використання.

Збереження всіх видів енергії – головне завдання сучасної енергетики. Майже дві третини виробленої енергії не доходять до споживача і розсіюються у вигляді тепла. Цю невикористану енергію можна вважати потужним альтернативним джерелом енергії.

Враховуючи сучасну потребу максимального енергозбереження, цей проект намагається продемонструвати зручність використання тепла на підставі альтернативного джерела енергії для виробництва теплоносія в котельнях. Для виконання цього завдання в кваліфікаційній роботі необхідно, з використанням науково-технічних досягнень і передового досвіду виробництва в галузі сучасного опалення в країні та за кордоном, розробити автоматизовану систему, в якій одночасно працюють теплові насоси та газові котли.

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧО-АДМІНІСТРАТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ

2.1 Гідравлічний розрахунок системи теплопостачання

При розробці системи опалення з теплогенератором (особливо в сільській місцевості), згідно [2, 21] зазвичай вибирають просту радіальну мережу, діаметр трубопроводів якої зменшується з віддаленням від опалювального приладу і теплове навантаження зменшується.

Коли теплоносієм є гаряча вода, її витрату розраховують за [21, 22]:

$$M = 3,6 \frac{Q}{C \cdot \Delta t}, \quad (2.1)$$

де M – витрати гарячої води, $кг/год$;

C – теплоємність води, $\frac{кДж}{кг \cdot ^\circ K}$;

Q – розрахункове теплове навантаження, $Q = \Sigma Q_i$, $Вт$;

Δt – розрахункова різниця температури подачі та зворотної води при розрахунковій температурі повітря, $^\circ K$ ($^\circ C$).

Коли теплоносієм є водяна пара, її витрату знаходимо за наступною формулою:

$$D = 3,6 \frac{Q}{h_n - h_k}, \quad (2.2)$$

у цій формулі D – витрати водяної пари, $кг/год$;

Q – розрахункове значення теплового навантаження, $Вт$;

h_n – ентальпія пари в подавальному трубопроводі системи опалення, $кДж/кг$;

h_k – ентальпія конденсації водяної пари, $кДж/кг$.

При транспортуванні теплоносіїв на великій відстані є падіння тиску за рахунок втрати на тертя в трубах, що визначимо за формулою [9,18,21]:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_l + \Delta P_m, \quad (2.3)$$

де $\Sigma \Delta P$ – зниження тиску теплоносія в трубопроводній мережі, Па;

ΔP_l – лінійні втрати тиску в трубопроводній мережі, Па;

ΔP_m – місцеві втрати тиску в трубопроводній мережі, Па.

Перепад тиску на прямому відрізку становитиме:

$$\Delta P_l = \lambda_{mp} \cdot \frac{l}{d_g} \cdot \frac{\omega_m^2}{2} \cdot \rho, \quad (2.4)$$

у формулі λ_{mp} – коефіцієнт опору тертя;

ω_m – швидкість течії теплоносія, м/с;

d_g – внутрішній діаметр теплової труби, м;

l – довжина прямої ділянки теплопроводу, м;

ρ – густина теплоносія, кг/м³.

Перепад тиску по прямій ділянці теплопроводу можна застосувати за іншою формулою [22]:

$$\Delta P_l = 0,812 \frac{m^2}{d_g^5 \cdot \rho}, \quad (2.5)$$

де m – витрата масова теплоносія, кг/с.

Питому лінійну витрату тиску в тепломережі можна знайти за сукупністю, згідно [18, 22]:

$$R_l = \frac{\Delta P_l}{l} = \lambda_{mp} \cdot \frac{\rho \omega_m^2}{2 d_g}, \quad (2.6)$$

де R_l – питома витрата лінійного тиску в тепломережі, Па/м.

Розрахунковий вираз для коефіцієнта тертя λ_{mp} наведено в [22].

Для сталевих теплових труб можна використовувати формулу:

$$\lambda_{mp} = \frac{0,014}{\sqrt[4]{d_g}}. \quad (2.7)$$

Для гідравлічних розрахунків сталевих теплових труб питомі втрати лінійного тиску настають за формулою:

$$R_{\text{л}} = 0,0894 \frac{K_{\text{ш}}^{0,25} \cdot M^2}{\rho \cdot d_{\text{в}}^{5,25}}, \quad (2.8)$$

де $K_{\text{ш}}$ – абсолютна шортість теплопроводу, m ;

Значні втрати тиску в тепловій мережі виникають на вигинах, підводах, вузьких місцях, запірній арматурі, регулюючій арматурі, тощо.

Втрати тиску в місцевих опорах потрібно розраховувати за формулою:

$$\Delta P_{\text{м}} = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\omega_{\text{м}}^2}{2} \cdot \rho, \quad (2.9)$$

де $\Delta P_{\text{м}}$ – місцеві втрати тиску, Pa ;

$\xi_{\text{м}}$ – коефіцієнт місцевого опору.

У гідравлічному розрахунку теплової мережі замість значення $\sum \xi_{\text{м}}$ можна використовувати еквівалентну довжину місцевого опору. Ця довжина розраховується за формулою [22]:

$$l_e = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{d_{\text{в}}}{\lambda_{\text{тр}}}, \quad (2.10)$$

де l_e – еквівалентна довжина місцевого опору, m .

Відношення еквівалентної довжини місцевого опору до фактичної довжини ділянки теплопроводу називається коефіцієнтом місцевих втрат:

$$\alpha_{\text{м}} = \frac{l_e}{l} \quad (2.11)$$

Якщо відомо значення коефіцієнта місцевих втрат $\alpha_{\text{м}}$, то значення еквівалентної довжини місцевого опору приблизно рівне:

$$l_e = \alpha_{\text{м}} \cdot l \quad (2.12)$$

у формулі l – фактична довжина теплопроводу, m .

Значення місцевих коефіцієнтів витрат, наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти місцевих витрат для різних теплових мереж

Тип компенсаторів і теплових мереж	Умовний діаметр труб, мм	Значення коефіцієнта місцевих витрат α_m	
		Для паропроводів	Для водяних мереж і <u>конденсаторів</u>
Транзитні теплові мережі			
<u>П-подібні з відведеннями:</u>			
гнутими	до 300	0,5	0,3
зварними	200...500	0,7	0,5
Розгалужені теплові мережі			
<u>П-подібні з відведеннями:</u>			
гнутими	до 150	0,5	0,3
зварними	175...200	0,6	0,4
зварними	200...250	0,8	0,6
зварними	300...350	1,0	0,8

При гідравлічному розрахунку теплової мережі для розрахунку довжини прямолінійного відрізка часто приймають наведені значення суми фактичної довжини відрізка та еквівалентної довжини місцевого опору.

Тоді загальна втрата тиску на тертя становитимуть:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P_l (l + l_e) \quad (2.13)$$

Розмір внутрішнього діаметра теплової труби встановлюється відповідно до допустимого значення питомих витрат тиску на тертя.

Для першого розрахунку діаметра теплової труби він складається з наступного рівня:

– для парових труб:

$$D \cdot \nu_n = 3600 \frac{\pi d_g^2}{4} \omega_m; \quad (2.14)$$

– Для мережі водопостачання:

$$M \cdot \nu_g = 3600 \frac{\pi d_g^2}{4} \omega_m \quad (2.15)$$

у формулі: ν_n – питомий об'єм водяної пари, $\text{м}^3/\text{кг}$;

ν_g – питомий об'єм гарячої води, $\text{м}^3/\text{кг}$;

ω_m – швидкість руху теплоносія, $\text{м}/\text{с}$;

d_g – розрахунковий внутрішній діаметр теплопроводу, м .

Швидкість руху водяної пари можна прийняти рівною 20...30 $\text{м}/\text{с}$. При розрахунку труб водяного опалення потрібна швидкість руху гарячої води становить 1...2 $\text{м}/\text{с}$. [2,18,19].

З рівнянь (2.14) і (2.15) можна отримати діаметр паропроводу та гарячого водопроводу системи опалення:

$$d_g^n = \sqrt{\frac{D \cdot \nu_n}{900 \omega_m \pi}}; \quad (2.16)$$

$$d_g^g = \sqrt{\frac{M \cdot \nu_g}{900 \omega_m \pi}}. \quad (2.17)$$

Внутрішній діаметр сталеві теплової труби також можна знайти за формулою [22]:

$$d_g = 0,63 \frac{K_{ш}^{0,05} \cdot M^{0,38}}{R_l \cdot \rho^{0,19}}. \quad (2.18)$$

Виходячи з розрахункового діаметра (d_g), вибираємо умовний діаметр (d_y), близький до розрахункового значення.

Мінімальний умовний діаметр теплопроводів у водопровідних мережах пропускається 40 мм [6] незалежно від витрат теплоносія.

Схема розрахунку теплової мережі наведена на малюнку 2.1.

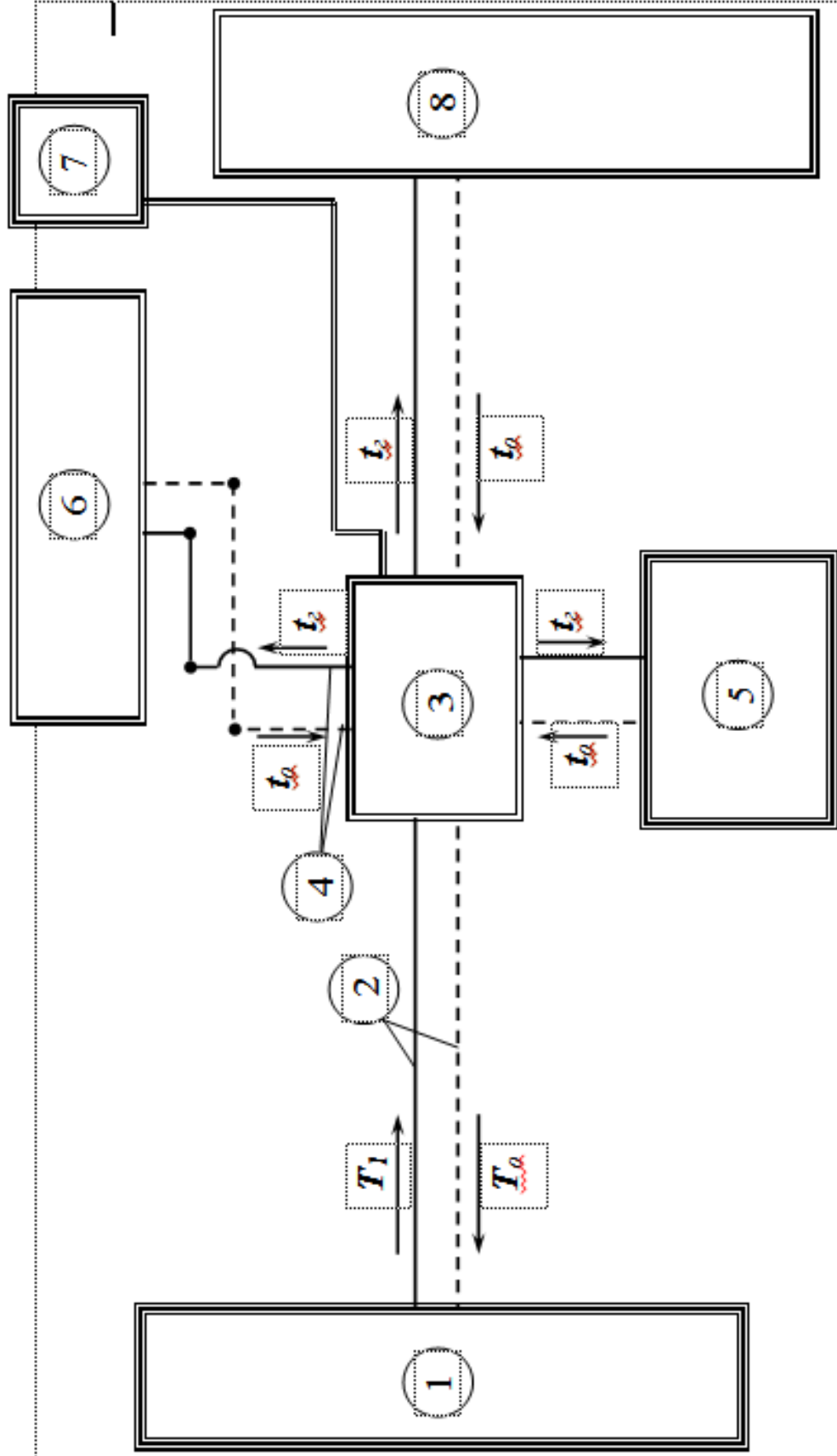


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема теплопостачання:

1 – котельня; 2 – подавальний і зворотний теплопроводи центральної мережі; 3 – груповий тепловий пункт; 4 – подавальний і зворотний теплопроводи внутрішньої мережі; 5 – майстерня; 6 – інструментальний цех; 7 – адміністративний будинок; 8 – житловий будинок.

За даними бухгалтерського обліку підприємства загальне навантаження теплопостачання становить:

$$Q_{т.м.} = 352 \text{ кВт}$$

Усі споживачі теплової енергії працюють за розрахунковим графіком 95/70°C, тому $\Delta t = 25^\circ\text{C}$ [21, 22].

Визначаємо витрати гарячої води теплової мережі за формулою (2.1):

$$M = 3,6 \cdot \frac{352 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 25} \approx 12,097 \frac{\text{т}}{\text{год.}}$$

Відповідно до [17, 18] приймаємо, що швидкість руху теплоносія (гарячої води) в теплопроводі $\omega_t = 1,0 \text{ м/с}$.

Тоді внутрішній діаметр теплової труби, згідно (2.17), становитиме:

$$d_g^6 = \sqrt{\frac{12097 \cdot 0,00104}{900 \cdot 3,14 \cdot 1,0}} \approx 0,0667 \text{ м.}$$

За даними [6, 14-17] приймається умовний діаметр $d_y = 70 \text{ мм}$. Використовуючи рівняння (2.7), визначимо значення коефіцієнта тертя:

$$\lambda_{тр.} = \frac{0,014}{\sqrt[4]{70}} = 0,0048$$

Розраховуємо втрати тиску на прямолінійній ділянці трубопроводу за рівнянням (2.4) (довжина трубопроводу від котельні до централізованого теплового пункту складає $l = 0,5 \text{ км}$).

$$\Delta P_l = 0,0048 \cdot \frac{2 \cdot 500}{0,070} \cdot \frac{1,0^2}{2} \cdot 961,92 = 33256 \text{ Па}$$

Визначаємо питому лінійну втрату тиску за рівнянням (2.6):

$$R_l = \frac{\Delta P_l}{l} = \frac{33256}{1000} \approx 33,26 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$$

Втрата тиску в місцевих опорах визначимо за допомогою пошуку в таблиці. 2.1 значення коефіцієнта місцевих втрат α_m і використавши значення

еквівалентної довжини відповідно до рівняння (2.12). Відповідно до [6, 15] для труб з умовним діаметром $d_y < 300$ мм, $\alpha_m = 0,3$.

Тоді еквівалентна довжина місцевого опору дорівнює:

$$l_e = 0,3 \cdot 2 \cdot 500 = 300 \text{ м}.$$

З рівняння (2.13) визначаємо загальну втрату тиску внаслідок тертя:

$$\Sigma \Delta P = \frac{36,48 \cdot (2 \cdot 500 + 300)}{1000} \approx 43,2 \text{ кПа}$$

Робочий тиск головного насоса знайдемо за формулою [22]:

$$H = \Delta H_k + \Delta H_1 + \Delta H_2 + H_{аб}. \quad (2.19)$$

тут, в формулі: H – робочий тиск насоса трубої мережі, кПа ;

ΔH_1 і ΔH_2 – втрата тиску в подачі та звороті, кПа ;

ΔH_k – втрата тиску в котельні, кПа ;

$H_{аб}$ – втрата напору на вході користувача (у нашому випадку в ЦТП, де вода змішується елеваторним змішувальним вузлом), кПа .

У нашому прикладі:

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = \Sigma \Delta P = 43,2 \text{ кПа}$$

Слідуючи до [13,22]:

$$\Delta H_k = 150 \dots 200 \text{ кПа}$$

$$\Delta H_{аб} = 100 \dots 150 \text{ кПа}$$

Підставляючи розраховані та прийняті значення рівняння (2.19) отримуємо:

$$H = 150 + 43,2 + 100 = 293,2 \text{ кПа}$$

Тиск, необхідний водяному насосу:

$$H_n = \frac{H}{\rho} \quad (2.20)$$

де H – розрахунковий тиск, Па ;

ρ - густина гарячої води, кг/м^3 .

Звідси:

$$H_n = \frac{293200}{961,92} \approx 304,8 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Проектні характеристики визначаються рівнянням (2.21):

$$V_H = \frac{M}{\rho_o} \quad (2.21)$$

де ρ_o – густина охолодженої до $t = 70^\circ\text{C}$ зворотної води, $\text{кг}/\text{м}^3$;

Отже,

$$V_H = \frac{12097}{977,81} \approx 12,37 \frac{\text{м}^3}{\text{год.}}$$

За допомогою [18] вибираємо мережевий насос з витратою $14 \text{ м}^3/\text{год}$ і швидкістю $3000 \text{ об}/\text{хв.}$ та потужністю двигуна – 5 кВт .

Визначаємо оборотний об'єм води змішування локальної системи опалення за формулою [21]:

$$\begin{aligned} G_{з.м.} &= \frac{3,6 \cdot \Sigma Q}{C \cdot (t_2 - t_o) \cdot 1000} = \\ &= \frac{3,6 \cdot 352000}{4,19 \cdot (95 - 70) \cdot 1000} = 12,097 \frac{\text{т}}{\text{год.}} \end{aligned}$$

Визначаємо коефіцієнт змішування [2]:

$$q'_{з.м.} = \frac{T_1 - t_2}{t_2 - t_o} = \frac{125 - 95}{95 - 70} = 1,2$$

При розрахунку відповідно змішування береться із запасом 15%:

$$q_{з.м.} = 1,15 q'_{з.м.} = 1,15 \cdot 1,2 = 1,38.$$

Визначаємо діаметр горловини змішувача за формулою [22]:

$$d'_2 = 15,14 \sqrt{\frac{G_{зм.}^2 \cdot (1 + q_{зм.})^2}{P_{сист.}}} =$$

$$= 15,14 \sqrt{\frac{12097^2 \cdot (1 + 1,38)^2}{100}} = 25,62 \text{ мм}$$

Відповідно до даних таблиці 2.2 та визначеного d_2 виберемо елеватор серії № 4 з $d_2 = 30 \text{ мм}$.

Таблиця 2.2 – конструктивні параметри серійних елеваторів [9]

№ елеватора	d_2	d_1	d_3	L	L_1	h
1	15	30	30	355	70	100
2	20	35	50	425	93	110
3	25	40	65	550	104	130
4	30	49	76	600	125	130
5	35	49	76	625	125	150
6	45	60	95	720	130	175

Користуючись залежностями, приведеними в [17, 18], визначимо діаметр сопла елеватора:

$$d_c = \frac{d_2}{1 + q_{зм.}} = \frac{30}{1 + 1,38} = 12,61 \text{ мм}$$

2.2 Тепловий розрахунок системи тепlopостачання

Питомі втрати тепла в навколишній простір визначаєм за [22]:

$$q = \frac{T - t_{зов.}}{R} \quad (2.22)$$

де T – температура теплового носія, $^{\circ}K$ ($^{\circ}C$);

R – загальний тепловий опір, $\frac{m \cdot ^{\circ}K}{Вт}$;

$t_{зов.}$ – температура навколишнього простору, $^{\circ}K$ ($^{\circ}C$).

$$R = R_{\epsilon} + R_{mp} + R_{iz} + R_{зов}, \quad (2.23)$$

у формулі R_{ϵ} , R_{mp} , R_{iz} , $R_{зов}$, – відповідно, опір теплопередачі теплоносія до внутрішньої поверхні труби, стінки труби, шару ізоляції та зовнішньої поверхні ізоляції віднесені до одиниці довжини теплопроводу, $\frac{m \cdot ^\circ K}{Вт}$.

Опір теплопередачі теплоносія до внутрішньої поверхні одиниці довжини труби відбувається за формулою:

$$R_{\epsilon} = \frac{1}{\pi \cdot d \cdot \alpha_{\epsilon}}, \quad (2.24)$$

де d – внутрішній діаметр трубопроводу, m ;

πD – площа поверхні труби, довжиною $1m$, m^2 ;

α_{ϵ} – тепловіддача при вимушеній конвекції, $\frac{Вт}{m^2 \cdot ^\circ K}$.

Якщо значення R_{ϵ} і R_{mp} менше, ніж в інших членах рівня (2.2), вони не враховуються в розрахунок.

Без урахування термічних R_{ϵ} і R_{mp} опорів, рівняння (2.23) для прокладання двох теплових труб без каналів має такий вигляд:

$$R = R_{iz} + R_{\epsilon p} + R_{дод}, \quad (2.25)$$

де R_{iz} – тепловий опір ізолятора;

$R_{\epsilon p}$ – опір термічний ґрунту;

$R_{дод}$ – термічний додатковий опір.

При прокладанні двотрубної мережі безканально, при розрахунку тепловтрат враховується додатковий тепловий опір [22]:

$$R_{дод} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\epsilon p}} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{\epsilon}\right)^2} \quad (2.26)$$

де ϵ – відстань по горизонталі між вісями труб, m ;

h – глибина закладення теплопроводу, m ;

λ_{zp} – теплопровідність шару землі, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ K}$ ($\lambda_{zp} = 1,0 \dots 2,5 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ K}$) [1].

Питомі тепловтрати безканально-прокладеної двотрубної тепломережі для кожної труби окремо за формулою [22]:

– втрати тепла з першої труби:

$$q_1 = \frac{(T_1 - t_{zp})R_2 - (T_0 - t_{zp})R_{\partial\partial\partial}}{R_1 \cdot R_2 - R_{\partial\partial\partial}^2} \quad (2.27)$$

– втрати тепла в другій трубі:

$$q_1 = \frac{(T_0 - t_{zp})R_1 - (T_1 - t_{zp})R_{\partial\partial\partial}}{R_1 \cdot R_2 - R_{\partial\partial\partial}^2} \quad (2.28)$$

де t_{zp} – температура на глибині прокладання мережі, $^\circ C$;

T_1 і T_0 – температури теплового носія в трубопроводах тепломережі, $^\circ C$;

$R_2 = R_{i3}^2 + R_{zp}$ – сума теплових опорів ізоляції зворотнього теплопроводу і ґрунту, $\frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}$;

$R_1 = R_{i3}^1 + R_{zp}$ – сума термічних опорів ізоляції подавального теплопроводу та ґрунту, $\frac{м \cdot ^\circ C}{Вт}$;

Термічний опір засипки розраховуємо за формулою [22]:

– за умови $\frac{h}{d_2} < 2$:

$$R_{zp} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \ln \left(\frac{2h}{d_2} + \sqrt{\frac{4h^2}{d_2^2} - 1} \right) \quad (2.29)$$

– за умови $\frac{h}{d_2} \geq 2$

у формулах d_2 – зовнішній діаметр шару утеплювача, м.

Термічний опір теплоізоляційного шару додатково визначаємо за формулою [22]:

$$R_{iz.} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp.}} \ln \frac{d_2}{d_1} \quad (2.31)$$

де $\lambda_{iz.}$ – теплопровідність теплоізоляції, $\frac{Вт}{м \cdot ^\circ K}$;

d_1 і d_2 – від внутрішній і зовнішній діаметри ізолятора відповідно, м.

Припускаючи, що теплові труби прокладені на однакову глибину, застосуємо такий вираз для визначення теплового опору двотрубною системою:

- для першої труби з температурою T_1 : теплового носія:

$$R_1 = \frac{(T_1 - t_{zp.}) - q_2 R_{дод.}}{q_1} \quad (2.32)$$

- для другої труби з температурою T_0 теплоносія:

$$R_2 = \frac{(T_0 - t_{zp.}) - q_1 R_{дод.}}{q_2} \quad (2.33)$$

тут, $t_{zp.}$ – температура засипки на рівні осі укладання труби (зимова – $t_{zp.} = 3...5$ °C [15, 20]).

Товщина шару ізоляції:

– перша труба матиме товщину теплоізоляційного шару [22]:

$$\ln \frac{d_2}{d_{зоб.}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{iz.} \cdot \lambda_{zp.}}{\lambda_{zp.} - \lambda_{iz.}} \left(\frac{T_0 - t_{zp.} - q_2 R_{дод.}}{q_1} - \frac{\ln \frac{4h}{d_{зоб.}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp.}} \right) \quad (2.34)$$

– товщину теплоізоляційного шару для другої труби:

$$\ln \frac{d_2}{d_{зоб.}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{iz.} \cdot \lambda_{zp.}}{\lambda_{zp.} - \lambda_{iz.}} \left(\frac{T_1 - t_{zp.} - q_1 R_{дод.}}{q_2} - \frac{\ln \frac{4h}{d_{зоб.}}}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp.}} \right) \quad (2.35)$$

у формулі: $d_{зов.}$ – діаметр неізолюваного трубопроводу, або внутрішній діаметр теплоізоляційного шару, м;

d_2 – зовнішній діаметр шару утеплювача, м.

Після визначення $\frac{d_2}{d_{зов.}}$, за допомогою рівня (2.36) отримуємо товщину

теплоізоляції:

$$\delta_{із} = \frac{d_{зов.}}{2} \left(\frac{d_2}{d_{зов.}} - 1 \right) \quad (2.36)$$

При прокладанні безканално трубної тепломережі, товщина шару утеплювача не нормується. Для всіх інших способів закладання термомережі товщина шару утеплювача нормується і регламентується.

Втрати тепла тепломережі складаються з двох складових:

- тепловтрати від ділянок труб без фітингів (лінійні теплові втрати);
- втрати тепла від формованих деталей, арматури, опорних конструкцій (локальні втрати тепла).

Лінійні теплопроводи можна розмістити за формулою [22]:

$$Q_l = q_e \cdot l, \quad (2.37)$$

де, l – довжина теплового трубопроводу, м;

q_e – питомі теплопроводи, Вт/м (див. табл. 2.3).

Втрати тепла таких компонентів, як компенсатори, поперечного перерізу яких, навколишні до окружності теплової труби, розраховуються за формулою круглого поперечного перерізу прямої труби. Втрати тепла фланців, деталі спеціальної форми і трубної арматури розраховують з еквівалентної довжини труб одного діаметра.

$$Q_m = q_e \cdot l_e \quad (2.38)$$

де l_e – значення еквівалентної довжини, м.

Таблиця 2.3 – Питомі лінійні втрати теплоти

Зовнішній діаметр трубопроводу мм	Норми втрат теплоти q_e (Вт/м) ізолюваного трубопроводу <u>двохтрубних</u> водяних мереж підземного прокладання при температурі теплоносія, °C		
	$t_{max} = 95$ °C $t_{min} = 65$ °C	$t_{max} = 150$ °C $t_{min} = 90$ °C	$t_{max} = 70$ °C $t_{min} = 50$ °C
	Подавальний трубопровід		Зворотний трубопровід
32	29	37	23
57	36	47	29
76	41	52	34
89	44	57	36
108	49	63	40
159	61	76	49
219	72	92	59

Загальні втрати тепло будуть визначатися за формулою:

$$Q = Q_l + Q_m = q_e \cdot l + q_e \cdot l_e = q_e(l + l_e), \quad (2.39)$$

Якість ізоляції оцінюється ефективністю, яка є за формулою:

$$\eta_{из.} = 1 - \frac{Q_{из.}}{Q_n}, \quad (2.40)$$

де $Q_{из.}$ – втрати тепла через ізолювані труби, Вт;

Q_n – втрати тепла через неізолювані труби, Вт.

Оптимальний коефіцієнт ефективності ізоляції знаходиться в діапазоні значень 0,85...0,95, [20].

У практиці експлуатації теплових мереж необхідно розуміти перепад температури теплоносія в кожній частині теплопроводу довжиною 1 м.

Для цього рівняння теплового балансу має такий вигляд:

$$M \cdot C(T_1 - T'_1) = q_e(1 + \alpha_m), \quad (2.41)$$

у формулі: M – витрати теплового носія на цю ділянку, $кг/год$;

T_1 – температура теплоносія на початковій ділянці, $^{\circ}C$;

T'_1 – температура теплоносія в кінцевій ділянці, $^{\circ}C$;

λ_m – локальний коефіцієнт втрат ($\lambda_m = 0,2...0,3$);

C – теплоємність теплового носія, $\frac{кДж}{кг \cdot ^{\circ}K}$.

Відповідно, з рівнянням (2.41) можна розрахувати:

$$T'_1 = T_1 - \frac{q_e(1 + \alpha_m)}{M \cdot C}. \quad (2.42)$$

Перепад температури досліджуваної ділянки теплової труби становить:

$$\Delta T = T_1 - T'_1 \quad (2.43)$$

Вихідні дані теплового розрахунку системи тепlopостачання:

– довжина мережі $l = 0,5$ км;

– спосіб прокладки трубопроводів тепломережі – безканалний;

– відстань між осями трубопроводів тепломережі $v = 0,3$ м;

– глибина закладення $h = 0,99$ м;

– значення умовного діаметру трубопроводів тепломережі $d_y = 70$ мм;

– теплопровідність шару ґрунту $\lambda_{gp.} = 1,75 \frac{Вт}{м \cdot ^{\circ}K}$;

– температура ґрунту $t_{gp.}$ в зоні монтажу – $5^{\circ}C$.

За рівнянням (2.26) визначимо додатковий тепловий опір:

$$R_{дод.} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,75} \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 0,99}{0,3} \right)^2} = 0,173 \frac{м \cdot ^{\circ}K}{Вт}.$$

Відповідно до таблиці 2.3, питомі тепловтрати ізольованих теплопроводів подавальної магістралі із зовнішніми діаметрами неізольованих труб $d_{зов.} = 76$ мм та за температури теплоносія $T_1 = 125^{\circ}C$

становитимуть $q_1 = 52 \text{ Вт/м}$. Зворотний теплопровід з параметрами $d_{зоб.} = 76 \text{ мм}$ і $T_0 = 70^\circ\text{C}$, згідно з тією ж таблицею, матиме $q_2 = 34 \text{ Вт/м}$.

Використовуючи рівняння (2.32), визначимо термічний опір подавальної магістралі:

$$R_1 = \frac{(125 - 5) - 34 \cdot 0,173}{52} = 2,224 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{K}}{\text{Вт}}$$

Використовуючи вираз (2.12), визначимо тепловий опір другої (зворотної) магістралі тепломережі:

$$R_2 = \frac{(70 - 5) - 52 \cdot 0,173}{34} = 1,692 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{K}}{\text{Вт}}$$

Використовуючи вираз (2.25), визначимо загальний тепловий опір теплопередачі:

– подавальної магістралі тепломережі:

$$R_1^{заг} = R_{із}^1 + R_{сп.} + R_{дод.} = R_1 + R_{дод.} = 2,396 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{K}}{\text{Вт}}$$

– зворотної магістралі тепломережі:

$$R_2^{заг} = R_{із}^2 + R_{сп.} + R_{дод.} = R_2 + R_{дод.} = 1,864 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{K}}{\text{Вт}}$$

За (2.22) визначимо питомі втрати тепла на одиницю довжини теплоізоляційної мережі:

– подавальної магістралі:

$$q_1 = \frac{T_1 - t_{зоб.}}{R_1^{заг.}} = \frac{125 - (-26)}{2,396} = 63,01 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

– зворотної магістралі:

$$q_2 = \frac{T_0 - t_{зоб.}}{R_2^{заг.}} = \frac{70 - (-26)}{1,864} = 51,49 \frac{\text{Вт}}{\text{м}};$$

Загальні втрати тепла потрібно визначати за формулою:

$$Q_{заг} = q_i \cdot l_i, \quad (2.44)$$

у формулі: l_i – довжина i -ї ділянки теплової магістралі, Bm ;

q_i – питомі лінійні втрати тепла досліджуваної ділянки теплопроводу, Bm/m .

Отже, загальні втрати тепла:

– для підвідного теплопроводу:

$$Q_{заг}^1 = 63,01 \cdot 500 = 31506 Bm$$

– для зворотного теплового проводу:

$$Q_{заг}^2 = 51,49 \cdot 500 = 25745 Bm$$

Загальні втрати тепла із ізолювальної мережі будуть визначатися за такою формулою:

$$Q_{заг}^M = \Sigma Q_i, \quad (2.45)$$

де Q_i – теплові втрати i -ї гілки мережі, Bm .

Так,

$$Q_{заг}^M = Q_{заг}^1 + Q_{заг}^2 \approx 57,25 kBm$$

За формулою (2.30) шукаємо тепловий опір, попередньо визначивши зовнішній діаметр ізолятора за формулою:

$$d_2 = d_{зов.} + 2\delta, \quad (2.46)$$

де $d_{зов.}$ – зовнішній діаметр неізолюваної магістралі, m ;

δ – товщина теплової ізоляції, m .

Звідси:

$$d_2 = 0,078 + 2 \cdot 0,1 = 0,278 m$$

Отже:

$$R_{сп.} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,75} \ln \frac{4 \cdot 0,99}{0,278} \approx 0,242 \frac{m \cdot ^\circ K}{Bm}$$

Зазначивши, що R_1 і R_2 , визначені за формулами (2.32) і (2.33), відповідно, включають тепловий опір ізолятора і ґрунтової засипки, то в розрахунок значення теплового опору теплоізоляції можна застосувати вирази:

– для подавальної магістралі:

$$R_{із.}^1 = R_1 - R_{zp.} = 1,982 \frac{m^{\circ}K}{Вт}$$

– для зворотної магістралі:

$$R_{із.}^2 = R_2 - R_{zp.} = 1,450 \frac{m^{\circ}K}{Вт}$$

Тоді загальний опір теплопередачі неізольованих труб, згідно рівняння (2.25), дорівнює:

– для першої теплової труби:

$$R_H^1 = R_1^{заг.} - R_{із.}^1 = 0,415 \frac{m^{\circ}K}{Вт}$$

– для другого теплопроводу:

$$R_H^2 = R_2^{заг.} - R_{із.}^2 = 0,415 \frac{m^{\circ}K}{Вт}$$

Однакове значення термічного опору підтверджує вибір однакової товщини та ізоляційного матеріалу для труби повернення тепла.

Визначаємо питомі тепловтрати неізольованої теплової мережі за рівнянням (2.22) та за умови $R_H^1 = R_H^2$:

– для підвідних теплопроводів:

$$q_1^H = \frac{T_1 - t_{зов.}}{R_H^1} = \frac{125 - (-26)}{0,415} \approx 364,3 \frac{Вт}{м};$$

– для труб повернення теплоносія:

$$q_2^H = \frac{T_0 - t_{зов.}}{R_H^2} = \frac{70 - (-26)}{0,415} \approx 231,6 \frac{Вт}{м};$$

Загальні тепловтрати неізольованої теплової мережі розраховуються за рівнянням (2.44), для:

– подавального теплового проводу:

$$Q_{заг.н.}^1 = 364,3 \cdot 500 = 182126 Вт$$

– зворотного теплового проводу:

$$Q_{заг.н.}^2 = 231,6 \cdot 500 = 115789 \text{Вт}$$

Сумарні тепловтрати неізольованої теплової мережі розраховуються за формулою (2.45):

$$Q_{заг.н.}^M = Q_{заг.н.}^1 + Q_{заг.н.}^2 = 297915 \text{Вт}$$

Коефіцієнти ефективності ізоляції, визначимо за формулою (2.40):

$$\eta_{із.} = 1 - \frac{Q_{заг.н.}^M}{Q_{заг.н.}^M} = 1 - \frac{57250}{297915} \approx 0,89.$$

Відповідно [20]:

$$\eta_{із.} = 0,85 \dots 0,95.$$

Використовуємо формули (2.42) і (2.43) для визначення перепаду температури теплоносія на трубі подачі та повернення теплоносія

$$T_1' = T_1 - \frac{q_1(1 + \alpha_m)}{M \cdot C} = 125 - \frac{63,01 \cdot (1 + 0,3)}{12,097 \cdot 4,19} = 123,4^\circ\text{C}$$

Тоді:

$$\Delta T = T_1 - T_1' = 125 - 123,4 = 1,6^\circ\text{C}$$

Розраховані параметри розробленої системи тепlopостачання свідчать про ефективність реалізації розробок кваліфікаційної роботи.

З РОЗРОБЛЕНА СХЕМА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

3.1 Режими сумісної роботи теплових насосів з водогрійними котлами

У схемі сумісної роботи теплового насоса і водогрійного котла є два режими роботи, [23, 24]: бівалентний альтернативний та бівалентний паралельний.

Бівалентний паралельний режим означає, що загальна потреба в тепловій енергії забезпечується тепловим насосом і водогрійним котлом. Водяний котел служить допоміжним джерелом тепла.

Весь контур регулюється регулятором теплового насоса в залежності від температури зовнішнього повітря (так звана температура другої точки біваленти) і потреби теплової енергії системи опалення (див. рис. 3.1). Максимальна температура теплоносія, що подається в систему опалення, не повинна перевищувати 55-65°C.

У типовому виконанні для бівалентної паралельної системи передбачається, що тепловий насос забезпечує від 50% до 70% тепла для необхідного об'єкту. Загальний час роботи насоса під час опалення становить від 75% до 92%. Опалювальні установки з тепловими насосами та водонагрівачами ідеально працюють у добре ізольованих нових будинках із системами низькотемпературного опалення (наприклад, системи підігріву підлоги [24]).

Для такого типу системи використовується тепловий насос типу «вода-вода» або «розчин-вода», що гарантує подачу теплової енергії протягом усього холодного періоду.

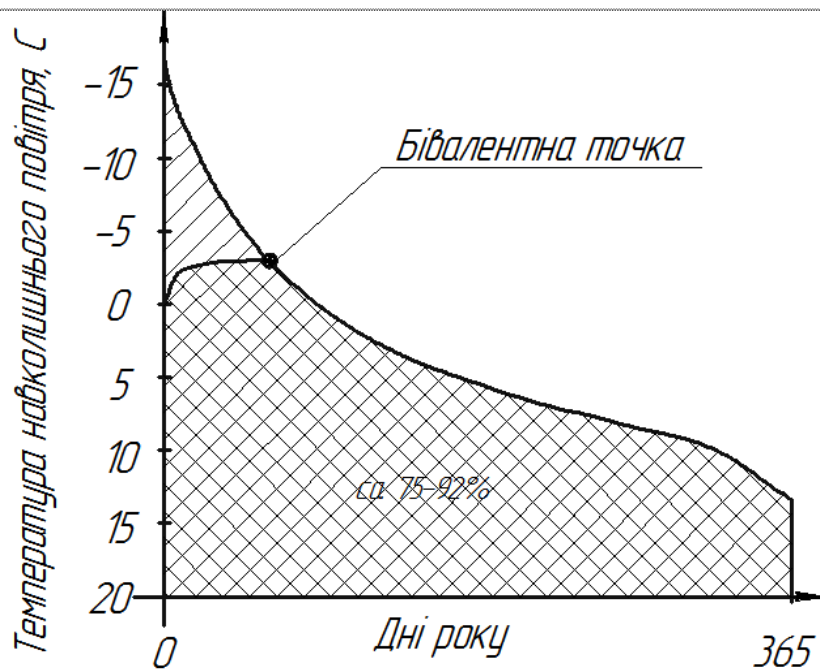


Рис.3.1 Бівалентно-паралельний режим експлуатації теплового насоса і водогрійного котла

3.2 Принцип роботи запроєктованої схеми системи сумісної роботи газового водогрійного котла і альтернативного джерела енергії

Розрахункова схема системи спільної роботи газового водогрійного котла та альтернативної енергетики (бівалентна паралельна система опалення) показана на рисунку 3.2.

Сигнал про необхідну кількість тепла в опалювальному будинку надходить від датчиків температури 1 і 2 теплоносія в буферному об'ємі 13 до регулятора теплового насоса 12 (рис. 3.2).

Якщо температура теплоносія у верхній частині буферної ємності виміряна датчиком температури 1, нижче необхідного значення, встановленого на регуляторі теплового насоса, вмикаються тепловий насос 12 і розподільний гребінчастий насос 8.

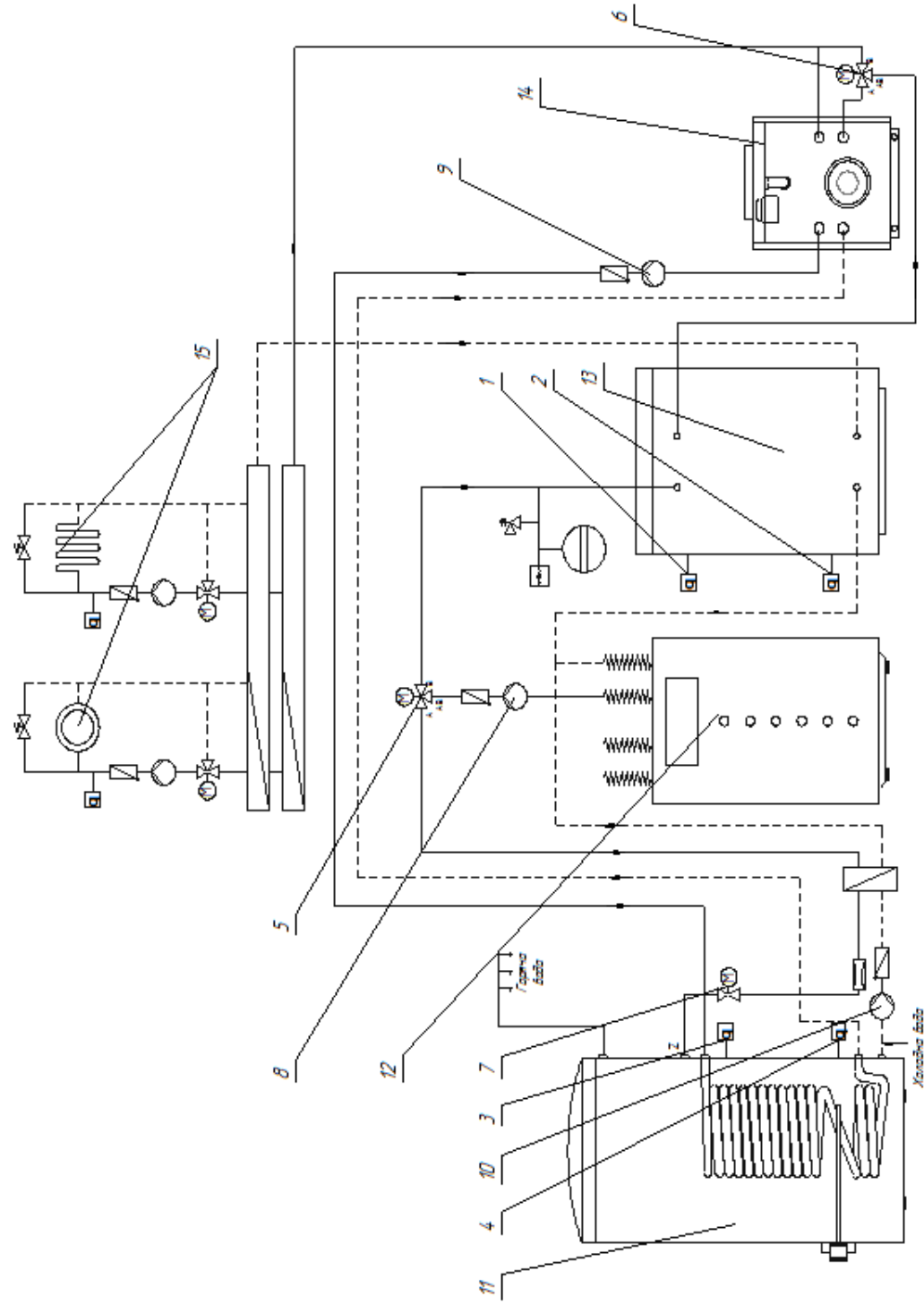


Рис.3.2 Схема системи сумісної роботи газового водогрійного котла і альтернативного джерела енергії (бівалентно-паралельна система теплопостачання)

1 – термодатчик верхній; 2 – термодатчик нижній; 3 – термодатчик бойлера; 4 – датчик температури; 5, 6 – клапан триводовий; 7 – клапан двоводовий; 8, 9 – насос розподільний; 10 – насос циркуляційний бойлера; 11 – бойлер; 12 – насос теплової; 13 – місткість дуверна; 14 – котел; 15 – системи опалення.

Якщо температура теплоносія у верхній частині буферного об'єму, виміряна датчиком 1, не досягає необхідного значення протягом часу, встановленого на регуляторі теплового насоса 12, включається водогрійний котел 14. Регулятор теплового насоса запускає регулятор котла через допоміжний контактор і перемикає триходовий кран 6 в положенні «АВ-А».

Теплоносій з буферної ємності 13 проходить через водогрійний котел 14 в опалювальний будинок, де додатково підігрівається відповідно до установок регулятора котла.

Якщо температура теплоносія в нижній частині буферної ємності 13, виміряна датчиком 2, досягає значення, встановленого на регуляторі теплового насоса 12, регулятор 14 котла замикається допоміжним контактом, тобто котел відключається. Триходовий кран 6 повинен перейти в положення «АВ-В».

Теплова помпа 12 і насос-розподільник 8 вимикаються регулятором тепло-насосної установки.

Для підвищення теплової потужності в пристрої використовується бівалентний паралельний режим роботи котла і теплового насоса, який має обмеження по максимальній температурі теплоносія, що подається, тобто до 55°C.

Для цього необхідно на регуляторі водонагрівача правильно встановити графік опалення.

Підігрів води в системі гарячого водопостачання (ГВП) створює тепловим насосом 12. Відповідно до заводських налаштувань режим ГВП має перевагу над системою опалення 15 і працює переважно вночі. Сигнал про необхідність тепла надходить від датчика температури води 3 в бойлері ГВП. Регулятор котла 14 повинен перевести триходовий кран 5 в положення «АВ-А». Вмикається розподільний насос 8, і, внаслідок цієї дії, значення температури теплоносія досягається до необхідного значення температури (45°C) води в котлі 11 ГВП.

Питну воду можна додатково нагрівати електричним нагрівачем (наприклад, електричним нагрівальним елементом) або водогрійним котлом. Якщо температура води в бойлері ГВП, виміряна датчиком 3, перевищує необхідне встановлене в регуляторі теплового насоса значення, виконавчий механізм переведе триходовий клапан 5 в положення «АВ-В», і тепловий насос почне працювати в режимі опалення. Циркуляційний насос котла 10 не працює, а двоходний електромагнітний клапан 7 закритий.

Після отримання сигналу від регулятора теплового насоса 12 водогрійний котел починає нагрівати питну воду. За допомогою допоміжного контактора розблоковується датчик температури води 4 бойлера ГВП у водогрійному котлі підключеному до регульованого контуру опалення системи 15.

При блокуванні котла 14 регулятором теплового насоса в ланцюг датчика температури води у бойлері ГВП включається додатковий резистор ($100 \Omega/0,25 \text{ W}$). Таким чином імітується підвищення температури води в бойлері ГВП, що складає приблизно 50°C .

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Охорону праці не можна розглядати у відриві від конкретного виробництва. Вона тісно пов'язана з науковою організацією виробництва, економікою, фізіологією людини, інженерною психологією, ергономікою, технічною естетикою і багатьма іншими науками.

Поліпшення умов праці є одним з резервів росту її продуктивності й економічної ефективності виробництва, а також подальшого розвитку самої людини.

Керівники підприємств, спеціалісти, інші службові особи сільськогосподарських підприємств повинні бути глибоко переконані в тому, що завдяки створенню здорових і безпечних умов праці та відповідних санітарно-побутових умов для всіх працівників, можна значно підвищити культуру виробництва та його ефективність.

Основні положення з охорони праці в Україні встановлені й регламентуються Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом "Про охорону праці", а також розробленими на їх основі нормативно-правовими актами (Указами президента, постановами уряду, правилами нормами, інструкціями, стандартами та іншими документами) [5, 10, 11].

Працівники, зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, безпосередньо забезпечуються лікувально-профілактичним

харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами, газованою, солоною водою, мають право на оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці у підвищеному розмірі та інші пільги.

При виконанні робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці або пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища чи несприятливими температурними умовами, працівники забезпечуються безплатно спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, а також миючими та знешкоджуючими засобами. Власник повинен організувати зберігання та догляд за засобами індивідуального захисту відповідно до нормативних вимог.

Виробництво компенсує працівникові витрати на придбання спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, якщо строк видачі цих засобів порушений і працівник був змушений придбати їх за власні кошти.

У Жовківській дільниці служба охорони праці створена згідно Закону України “Про охорону праці” [10, 11], згідно якого призначенні відповідальні за забезпечення здорових і безпечних умов праці. Відповідальність за організацію роботи з охорони праці у Жовківській дільниці несе керівництво, зокрема інженер з охорони праці підприємства, який забезпечує дотримання вимог, правил, інструкцій і законодавчих актів з охорони праці, контролює стан охорони праці на всіх виробничих ділянках і приймає міри для попередження і ліквідації існуючих недоліків та покращення умов праці.

Керівники структурних підрозділів зобов'язані проводити вступний інструктаж на робочих місцях, слідкувати за станом машин, механізмів і обладнання, вимогам безпеки і не допускати до роботи осіб, що не мають відповідних посвідчень; слідкувати за наявністю і справністю засобів індивідуального захисту, огорожень і запобіжних пристроїв; за санітарним станом виробничих дільниць, територій, приміщень і т. п. [10, 11].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Охорону праці не можна розглядати у відриві від конкретного виробництва. Вона тісно пов'язана з науковою організацією виробництва, економікою, фізіологією людини, інженерною психологією, ергономікою, технічною естетикою і багатьма іншими науками.

Поліпшення умов праці є одним з резервів росту її продуктивності й економічної ефективності виробництва, а також подальшого розвитку самої людини.

Керівники підприємств, спеціалісти, інші службові особи сільськогосподарських підприємств повинні бути глибоко переконані в тому, що завдяки створенню здорових і безпечних умов праці та відповідних санітарно-побутових умов для всіх працівників, можна значно підвищити культуру виробництва та його ефективність.

Основні положення з охорони праці в Україні встановлені й регламентуються Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом "Про охорону праці", а також розробленими на їх основі нормативно-правовими актами (Указами президента, постановами уряду, правилами нормами, інструкціями, стандартами та іншими документами) [5, 10, 11].

Працівники, зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, безпосередньо забезпечуються лікувально-профілактичним

харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами, газованою, солоною водою, мають право на оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці у підвищеному розмірі та інші пільги.

При виконанні робіт зі шкідливими і небезпечними умовами праці або пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища чи несприятливими температурними умовами, працівники забезпечуються безплатно спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, а також миючими та знешкоджуючими засобами. Власник повинен організувати зберігання та догляд за засобами індивідуального захисту відповідно до нормативних вимог.

Виробництво компенсує працівникові витрати на придбання спецодягу та інших засобів індивідуального захисту, якщо строк видачі цих засобів порушений і працівник був змушений придбати їх за власні кошти.

У Жовківській дільниці служба охорони праці створена згідно Закону України “Про охорону праці” [10, 11], згідно якого призначенні відповідальні за забезпечення здорових і безпечних умов праці. Відповідальність за організацію роботи з охорони праці у Жовківській дільниці несе керівництво, зокрема інженер з охорони праці підприємства, який забезпечує дотримання вимог, правил, інструкцій і законодавчих актів з охорони праці, контролює стан охорони праці на всіх виробничих ділянках і приймає міри для попередження і ліквідації існуючих недоліків та покращення умов праці.

Керівники структурних підрозділів зобов'язані проводити вступний інструктаж на робочих місцях, слідкувати за станом машин, механізмів і обладнання, вимогам безпеки і не допускати до роботи осіб, що не мають відповідних посвідчень; слідкувати за наявністю і справністю засобів індивідуального захисту, огорожень і запобіжних пристроїв; за санітарним станом виробничих дільниць, територій, приміщень і т. п. [10, 11].

4.2 Розробка заходів щодо покращення стану охорони праці

В народному господарстві України, в тому числі і сільському господарстві для опалення житлових, адміністративних і виробничих будівель і споруд, кормоприготування та інших технологічних потреб використовується теплотехнічне обладнання – парові і водяні котли, водозмішувальні установки, водоакумулятори гарячої води, бойлери і т.п.

Найбільшу небезпеку для обслуговуючого персоналу представляють вибухи котлів, що відбуваються з різних причин. Найпоширеніші причини вибуху: перевищення тиску через несправність запобіжних або контрольно-вимірювальних пристроїв, невчасного технічного огляду, відсутності нагляду за роботою котла як із сторони обслуговуючого персоналу, так і посадовців.

Для забезпечення безпечної і надійної роботи парові і водонагрівальні котли повинні експлуатуватися в суворій відповідності з вимогами, встановленими інспекцією Держтехнагляду.

При експлуатації теплотехнічного обладнання необхідно:

- використовувати спецодяг при обслуговуванні теплотехнічного обладнання;
- слідкувати за справністю компенсаторів теплового розширення теплопроводів;
- не порушувати правил експлуатації теплопроводів і теплотехнічного обладнання;
- слідкувати за наявністю і справністю засобів автоматики та спеціальних програм із запуску і експлуатації теплових мереж;
- не порушувати правил виконання ремонтних робіт на теплопроводах і в тепловому пункті;
- не порушувати правила проведення робіт в оглядових ямах тепломережі і закритих резервуарах.

При експлуатації електротехнічного обладнання необхідно дотримуватись наступного:

- забороняти експлуатацію обладнання, машин і механізмів, які необладнані захисним відімкненням від електромережі (швидкодіючим захистом, що забезпечує автоматичне відімкнення електроустановки при виникненні в них небезпеки поразки електрострумом).
- забороняти експлуатацію електроустановок при виявленні оголених клем, пошкоджених електропровідників, відсутності захисних щитків на клемотримачах і т.п.
- забороняти експлуатацію обладнання, машин і механізмів, які споживають електричний струм, при відсутності у них заземлення і занулення;
- забороняти виконання ремонтних робіт та технічного обслуговування електроустановок при наявності на них електричного струму.
- до експлуатації електротехнічного обладнання житлових, адміністративних і виробничих будівель і споруд, допускати осіб віком старших 18 років, які мають відповідну фахову підготовку, пройшли всі види інструктажів і мають допуск до експлуатації електромереж і електротехнічного обладнання, що споживає напругу до 1000 вольт;

Також для забезпечення належного стану охорони праці у Жовківській дільниці необхідно збільшити фінансування на заходи з охорони праці, регулярно, проводити інструктажі з техніки безпеки, виконувати профілактичні роботи, проводити навчання персоналу і дотримуватись вимог і правил з охорони праці, а також дотримуватися вимог і положень з охорони праці.

4.3 Пожежна безпека

З метою запобігання виникнення пожежі в підприємстві необхідно проводити профілактичні роботи з виявлення можливих факторів пожежної небезпеки.

Зокрема, необхідно перевіряти наявність протипожежних засобів (вогнегасників, ящиків з піском, пожежних відер, гаків, ломів, сокир і т.п.), справність електропроводників, освітлювальної апаратури, наявність попереджувальних таблиць, знаків, плакатів тощо, а також необхідно слідкувати за належним станом невиробничих приміщень.

При виникненні пожежі працівники зобов'язані негайно повідомити про це пожежну охорону, вжити заходів для евакуації людей і тварин з небезпечної зони.

Для запобігання виникнення пожежі необхідно:

- строго дотримуватись вимог протипожежної безпеки;
- регулярно проводити профілактику приміщень, обладнання тощо;
- у побутових і виробничих відділеннях заборонити використання відкритого полум'я;
- обладнати приміщення грозозахистом;
- заборонити зберігання паливо-мастильних і інших легкозаймистих матеріалів в місцях не пристосованих для цих цілей.

4.4 Шляхи покращення екологічного стану

в Жовківській ділянці спостерігаються деякі джерела забруднення навколишнього середовища, а розроблена система заходів з охорони

атмосферного повітря недостатньо дотримується, тому ми вносимо наступні пропозиції, щодо покращання охорони навколишнього довкілля:

- на основі перспективного стану по охороні довкілля в підприємстві необхідно глибше проводити організаційно – роз'яснювальну роботу з попередження забруднення навколишнього середовища;
- більше уваги приділяти наглядній агітації по покращенню стану навколишнього середовища;
- збільшити асигнування на виконання робіт для покращення довкілля (утилізація відпрацьованих нафтопродуктів);
- встановити місткості для збору відпрацьованих масел з подальшою передачею їх на регенерацію;
- обладнати пункт контролю на вміст вуглецю у вихлопних газах автомобілів, придбавши прилад УГ-2;
- по можливості придбати стенд для регулювання паливної апаратури;
- поступово здійснити перехід автомобільного транспорту на газоподібне паливо;
- для того, щоб менше забруднювалась атмосфера повітря забезпечити герметичність тари для технологічних речовин і матеріалів;
- регулярно проводити повторні інструктажі по збиранню і здаванню на регенерацію відпрацьованих предметів праці при виконанні технологічних операцій і при виконанні ремонтних робіт;
- підтримувати чистоту і порядок на території РЕМ.

Виконання цих і інших заходів в деякій мірі повинно покращити стан охорони довкілля на підприємстві.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОНОСІЯ

Економічну ефективність використання нетрадиційних поновлювальних джерел енергії, а саме теплоти ґрунту, замість традиційних джерел енергії визначають за формулою [12]:

$$E_{\text{екон.}} = Z_m \cdot B - E_{\text{ен}} \cdot K + I + E_n \cdot K_{\text{доб.}} \cdot B, \quad (5.1)$$

де Z_m – вартість палива, *грн./т*;

B – річна економія палива, *т*;

$E_{\text{ен}}$ – нормативний коефіцієнт, рівний 0,15 [12];

K – капітальні витрати на систему використання НПДЕ, *грн.*;

$K_{\text{доб.}}$ – питомі капітальні вкладення в приріст добування палива, *грн./т*;

I – сумарні експлуатаційні витрати, *грн.*

В загальному випадку річний економічний ефект від використання НПДЕ для систем теплопостачання слід розраховувати з урахуванням економії витрат на заходи щодо запобігання забруднення навколишнього середовища $E_{\text{екол}}$, які необхідні при використанні органічного палива, а також витрат на транспортування, зберігання палива і заробітну платню $E_{\text{соц}}$ в порівнянні з традиційними системами теплопостачання.

У такому разі економічний ефект слід визначати з виразу [12]:

$$E_{\text{нпде}} = E_{\text{екон}} + E_{\text{екол}} + E_{\text{соц}} \quad (5.2)$$

Термін окупності використання НПДЕ для систем теплопостачання визначиться за формулою [12]:

$$T_{\text{ст}} = K / E_{\text{нпде}} \quad (5.3)$$

Варіанти використання НПДЕ для систем теплопостачання вважають економічно виправданими, якщо термін їх окупності менший 10 років.

В розробленій бівалентно-паралельній системі виробництва теплової енергії, на тепло насосну установку (ТНУ) припадає, в середньому, 60% і час її роботи складає біля 84 % (див п.3.1).

За даними звітної документації бухгалтерії підприємства, споживана теплова потужність всіма виробничо-адміністративними об'єктами складає, в середньому, $Q_{cn.} = 352 \text{ кВт}$. Тривалість опалювального сезону у Львівській області, згідно [21] становить $T_{on.} = 205$ днів.

Визначимо річне виробництво теплової енергії в розробленій бівалентно-паралельній системі з допомогою теплонасосної установки за формулою:

$$\begin{aligned} Q_{рiч.} &= 0,55 \cdot Q_{cn.} \cdot 0,84 \cdot T_{on.} \cdot T = 0,55 \cdot 352 \cdot 0,84 \cdot 205 \cdot 24 \approx \\ &\approx 0,8 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{год.} = 0,8 \text{ МВт} \cdot \text{год.} \end{aligned} \quad (5.4)$$

де $Q_{cn.}$ – споживана теплова потужність всіма виробничо-адміністративними об'єктами підприємства, кВт ;

$T_{on.}$ – тривалість опалювального сезону, дні;

T – тривалість доби, год;

Економія палива, наприклад, газу визначиться за формулою [12]

$$\begin{aligned} B &= Q_{рiч.} / Q_{п.} = \\ &= 0,8 \cdot 10^6 \cdot 3,6 \cdot 10^6 / (35,29 \cdot 10^6) \approx 81610 \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (5.5)$$

де $Q_{п.}$ – нижча теплота згорання природного газу (для газу Дашавського родовища $Q_{п.} = 35,29 \text{ МДж/м}^3$).

Визначимо капітальні затрати на придбання обладнання для ТНУ установки і її монтаж.

Згідно [12] вартість одного кіловата встановленої потужності установок НПДЕ складає біля 2500 грн .

Отже:

$$\begin{aligned} K &= 0,55 \cdot Q_{cn.} \cdot C_{в.н.} = 0,55 \cdot 352 \cdot 2500 = \\ &= 490500 \text{ грн.} = 490,5 \text{ тис. грн.} \end{aligned} \quad (5.6)$$

де $C_{в.н.}$ – вартість 1 кВт встановленої потужності НПДЕ, грн .

На сьогоднішній день вартість 1000 м³ газу для виробничо-адміністративних об'єктів становить близько 800 грн. Враховуючи ці дані, визначимо вартість зекономленого газу за формулою:

$$E = B \cdot C_{\text{газ}} / 1000 =$$

$$= 81610 \cdot 800 / 1000 = 57127,0 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

За формулою (5.3) визначимо термін окупності теплонасосної установки:

$$T_{\text{тну}} = 490500 / 57127 \approx 8,59 \text{ року}$$

Отримані результати розрахунків заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники використання ТНУ в бівалентно-паралельній системі

<i>Показники</i>	<i>Позначення</i>	<i>Одиниці виміру</i>	<i>Значення</i>
Споживана теплова потужність	$Q_{\text{сп.}}$	<i>кВт</i>	352
Річне виробництво теплової енергії тепловою pompою	$Q_{\text{рiч.}}$	<i>МВт год</i>	0,8
Тривалість опалювального сезону	D	<i>дні</i>	211
Капіталовкладення	K	<i>грн.</i>	490500
Економія палива (газу)	B	<i>м³</i>	81610
Ціна 1000 м ³ газу	C_2	<i>грн.</i>	800
Вартість зекономленого газу	E	<i>грн.</i>	57127
Термін окупності	$T_{\text{ст.}}$	<i>роки</i>	8,59

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Аналіз енергозабезпечення Жовківської ділянки Західного РЕМ ПрАТ «Львівобленерго» показує, що підприємство має достатнє забезпечення електроенергією та теплом, власну систему водопостачання та газопостачання. Крім того, аналіз споживання теплової енергії дає можливість використати резерви її економного використання шляхом застосування більш досконалих технологій споживання теплової енергії, тим більше, що енергозбереження є єдиним із найслабкіших ланок сучасних енергосистем. Ми вважаємо, що одним із шляхів економії теплової енергії є зменшення витрати тепла у всіх аспектах систем теплопостачання, особливо використання сучасних технологій та матеріалів у процесі монтажу для зменшення витрати тепла в трубах тепломережі. .

У цій кваліфікаційній роботі пропонується безканална технологія інсталяції теплової мережі з використанням попередньо-ізольованих трубопроводів. Застосування такої технології дозволило знизити втрати тепла тепломережами до 1% (зараз близько 30%). Крім того, в роботі продемонстровано доцільність використання теплової енергії ґрунту для виробництва теплоносія, як альтернативного джерела енергії. Використовуючи сучасні науково-технічні досягнення і передовий вітчизняний та зарубіжний досвід, проведено обґрунтування параметрів системи теплопостачання та розроблено автоматизовану систему спільної роботи теплових насосів і котлів за двовалентною паралельною схемою виробництва теплової енергії.

Впровадження розробок роботи у виробництво щорічно дозволяє економити значну кількість природного газу, що в грошовому еквіваленті становить приблизно 57 тис. грн. Термін окупності установок теплового насоса становить 8,59 років, що відповідає звичайному періоду окупності установок з відновлюваної енергетики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білявський Г.О., Падун М.М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології. К.: Либідь., 1995. 368с.
2. Богословський В.Н., Сканаві А.Н. Опалення і вентиляція.- К.: Урожай, 2008. 736 с.
3. Вербицький В.В., Земляний М.Г. Регіональна енергетична політика України: цілі та шляхи реалізації. Перепринт.- Дніпропетровськ, 2003.-64с.
4. Гольстрем В, А., Кузнецов Ю. Л. Довідник з економії паливно-енергетичних ресурсів. К.: Техніка, 1985. 383 с.
5. Гряник Г.М., Лахман С.Д., Будко Д.А. Охорона праці. К.: Урожай, 1994. 272 с.
6. Дипломне та курсове проектування / Д.Г.Войтюк, О.В.Дацишин, В.С.Колісник та ін.; За ред. О.В.Дацишина. К.: Урожай, 1996. 192 с.
7. Драганов Б.Х., Буляндра О.Ф., Міщенко А.В. Теплоенергетичні установки і системи в сільському господарстві. – К.: Урожай, 1995. – 223с.
8. ДСТУ 2155-13 «Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню».
9. Жуковский С.С., Лабай В.Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд: Навчальний посібник для ВЗО. Львів: Астрономо-геодезичне товариство, 2009. 259с.
10. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. – К.: Урожай, 1993. – 272 с.
11. Луценков В.Л., Бутков Д.А., Воїнов М.Т. Критерії оцінки виробничих небезпек. – Сімферополь. Бізнес-Інформ, 1996 – 224с.
12. Мацибора В.І.. Економіка сільського господарства. – К.: Вища школа, 2004. – 258 с.
13. Каталог фірми "UNIVERSA". HEIZSYSTEME. Системи опалення. Відень, 2024, 158 с.

14. Кірюшатов А.І. Теплофікація у сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1996. 191с.

15. Котельні установки промислових підприємств: навч. посіб. / В.А. Волощук, А.К. Денісов, І.П. Трофимчук. – Рівне: НУВГП, 2013. – 227 с.

16. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль. Підручники і посібники, 2011. 975 с.

17. Курсове проектування з теплотехніки та застосування теплоти в сільському господарстві. Под. ред. Драганова Б.Х. К.: Урожай, 2008, 176 с.

18. Орлов К.С. Санітарно-технічне обладнання сільських будівель: Підручник. К.: Урожай, 2007. 237 с.

19. Чекменьов В.В., Бендера І.М., Шолудько Я.В., Шолудько В.П., інш. Методика дипломного проектування з тепlopостачання: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2013. 552с.

20. Цвірс Вільгельм Гідравлічні стрілки. // Будівельна техніка. 2016. №6 (Німеччина).

21. Шолудько В.П., Боярчук В.М., Шолудько Я.В. Проектування та розрахунок теплової мережі споживачів сільської місцевості. Навчальний посібник. Дубляни, 2005, 90 с.

22. Шолудько В.П., Боярчук В.М., Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Теплотехніка та використання теплоти.: Навч. Посібник / За заг. ред. В.П. Шолудька. Львів: Сполом, 2007. 190 с.

23. Шолудько Я.В., Боярчук В.М., Шолудько В.П., Бендера І.М. Теплотехніка та використання теплоти : Практикум. / за ред. Шолудька Я. В. Львів : Сполом, 2010. 232с.

24. Щербатюк Б.І. Енергоощадні системи опалення будинків. – Львів.: Львівська політехніка, 2003. 111с.