

**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 системи  
енергопостачання адміністративно-виробничих  
об'єктів з обґрунтуванням параметрів розробленого  
автоматизованого теплового вводу»**

Виконав: студент 2 курсу групи Ен-22сп  
Спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»  
(шифр і назва)

Грицюк Богдан Олександрович  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент: Тригуба Анатолій Миколайович  
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2023

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

Рівень вищої освіти – перший «бакалаврський» рівень  
Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач  
кафедри \_\_\_\_\_  
доцент, к.т.н. С.В.Сиротюк

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту

Грицюку Богдану Олександровичу \_\_\_\_\_.

1. Тема роботи: «Підвищення ефективності системи енергопостачання адміністративно-виробничих об'єктів з обґрунтуванням параметрів розробленого автоматизованого теплового уводу»

Керівник роботи: Шолудько Ярослав Васильович, канд. техн. наук, доцент

затверджені наказом по університету від 30 грудня 2022 року № 453/к-с.

2. Термін подання студентом завершеної кваліфікаційної роботи 12.06.2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: матеріали літературного огляду, патентного пошуку та аналізу існуючих схем систем енергопостачання, довідкова та спеціальна література, аналіз останніх досягнень науки і техніки, передових методів роботи новаторів виробництва.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити) \_\_\_\_\_  
Вступ

1 Характеристика об'єкта роботи

2 Обґрунтування параметрів розробленої системи опалення

3 Обґрунтування параметрів розробленого автоматизованого теплового уводу

4 Охорона довкілля

5 Охорона праці

6 техніко-економічний розрахунок системи теплопостачання

Висновки і пропозиції

Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти з розділів:

Розділ, №_	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	<i>Панас Н.Є., доцент кафедри екології</i>	<i>30.12.22р.</i>	<i>30.12.22р.</i>
5	<i>Городецький І.М., доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва</i>	<i>30.12.22р.</i>	<i>30.12.22р.</i>

7. Дата видачі завдання

30 грудня 2022 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>30.12.22-20.01.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу</i>	<i>21.01.23-26.02.23</i>	
3	<i>Виконання третього розділу</i>	<i>27.02.23-28.03.23</i>	
4	<i>Написання розділу: «Охорона довкілля»</i>	<i>17.04.23-29.04.23</i>	
5	<i>Виконання розділу «Охорона праці»</i>	<i>29.03.23-16.04.23</i>	
6	<i>Розрахунок економічної ефективності розробок кваліфікаційної роботи</i>	<i>30.04.23-09.05.23</i>	
7	<i>Завершення оформлення графічної частини кваліфікаційної роботи</i>	<i>10.05.23-21.05.23</i>	
8	<i>Завершення кваліфікаційної роботи в цілому</i>	<i>22.05.23-12.06.23</i>	

Студент \_\_\_\_\_ Грицюк Б. О.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Шолудько Я. В.  
(підпис)

**УДК 697.1 (075.8)**

Кваліфікаційна робота: 54 ст. текстової частини, 8 рис., 7 табл., 24 найменувань бібліографічних джерел.

Підвищення ефективності системи енергопостачання адміністративно-виробничих об'єктів з обґрунтуванням параметрів розробленого автоматизованого теплового уводу. Грицюк Богдан Олександрович. – Кваліфікаційна робота. Кафедра енергетики. – Львів-Дубляни, Львівський НУП, 2021.

Дано коротку характеристику енергопостачання будівель і споруд ТзОВ «Крин» Червоноградського району Львівської області, обґрунтовано необхідність розробки теплового уводу адміністративної будівлі. Зроблено розрахунки тепловтрат будівлею, вибрано систему опалення, проведено розрахунки нагрівальних приладів та гідравлічний розрахунок параметрів системи опалення. Дано огляд існуючих схем теплових уводів для водяного опалення, запропоновано схему теплового уводу, де передбачено автоматизоване регулювання кількості теплоносія та автоматизований облік спожитої теплової енергії. Висвітлено питання охорони довкілля та охорони праці, дано рекомендації щодо їх покращення. Техніко-економічні розрахунки підтвердили доцільність використання в господарстві запропонованої системи тепlopостачання.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РОБОТИ	7
1.1 Основні відомості та енергозабезпечення підприємства	7
1.2 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	8
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	9
2.1 Тепловий розрахунок приміщень будівлі	9
2.2 Розробка схеми і обґрунтування параметрів системи опалення	19
2.3 Розрахунок гідравлічних параметрів системи опалення	26
2.4 Розрахунок параметрів водоструминного змішувача	29
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕПЛООВОГО УВОДУ	31
3.1 Існуючі теплові уводи	31
3.2 Характеристика розробленої системи опалення	32
3.3 Розроблена схема автоматизованого теплового уводу	33
3.4 Розрахунок витрати води для абонентського уводу	37
4 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ	39
4.1 Аналіз екологічного стану ґрунтів ТзОВ «Крин»	39
4.2 Аналіз екологічного стану водних ресурсів господарства	39
4.3 Аналіз екологічного стану атмосферного повітря та зберігання і використання паливо-мастильних матеріалів	40
4.4 Аналіз охорони рослинного і тваринного світу в господарстві	40
4.5 Пропозиції щодо покращення стану екології в господарстві	41

5 ОХОРОНА ПРАЦІ	42
5.1 Правила безпеки праці при обслуговуванні системи теплопостачання	42
5.2 Розрахунок освітлення котельні	43
5.3 Протипожежна профілактика	45
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	47
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53

## ВСТУП

Загальний розвиток сільськогосподарського виробництва нерозривно пов'язаний з розвитком його теплофікації. Біля 25% всієї теплової енергії, що споживається народним господарством України, витрачається на потреби сільськогосподарського виробництва.

Щорічно на споживання теплової енергії зростає. Теплова енергія витрачається на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання житлових, виробничих і громадських будівель, створення штучного мікроклімату в тваринницьких і птахівничих приміщеннях, культиваційних спорудах, виробництві і приготуванні кормів для сільськогосподарських тварин, сушіння сільськогосподарської продукції, отримання штучного холоду і на багато інших цілей.

Тому неперервне вдосконалення теплотехнічного обладнання систем теплопостачання і тепловикористання суттєво впливає на подальший розвиток всіх галузей сільського господарства.

Одним із ключових напрямків тепловикористання є економія паливо-енергетичних ресурсів, яку можна отримати застосовуючи нові технології, обладнання і матеріали в системах теплопостачання, а також відновлювальні і вторинні ресурси.

В даній кваліфікаційній роботі зроблена спроба зменшити витрати теплової енергетики за рахунок застосування сучасного обладнання в місцевому тепловому уводі адміністративної будівлі.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РОБОТИ

## 1.1 Основні відомості та енергозабезпечення підприємства

Товариство з обмеженою відповідальністю (ТзОВ) «Крин» знаходиться в с. Піратин, Червоноградського району Львівської області. Розташування господарства, як пункту переробки та збуту сільгосппродукції в місті Радехів, що за 9 кілометрів, не дуже вигідне. До найближчої залізничної станції близько 12 км. Найближчий пункт постачання запчастин і нафтопродуктова база знаходиться в м. Радехів, що дозволяє оперативно вирішити питання ремонту та обслуговування мобільного енергетичного обладнання.

За природними кліматичними умовами господарство відноситься до лісостепу. Сільськогосподарські угіддя розташовані на пересіченій, горбистій місцевості, що впливає на легкість обробітку ґрунту, догляду за посівами та збирання врожаю. Землі господарства становлять 2730 га, в т. ч. 2200 га орної землі. Правильне використання ґрунту, внесення в нього органічних і мінеральних добрив дозволяє отримати високі врожаї сільськогосподарських культур, розвиток кормової бази і збільшення поголів'я тварин.

Більшість населення на території господарства, а також деякі мешканці сусідніх сіл працюють у сільському господарстві, безпосередньо у ТОВ «Крин». У цьому плані не відчувається дефіциту робочої сили, навпаки, вона має деякі резерви. З точки зору гендерного розподілу населення, чоловіків у господарстві більше, ніж жінок (51,6% складають чоловіки, 48,4% – жінки).

Електропостачання здійснюється з регіональної мережі Північного РЕМ через дві підстанції. Підключення виробництва до двох підстанцій забезпечує безперебійну роботу в разі аварії однієї з них. Крім того, в господарстві є дизельна електростанція ДЕС-50 М1 потужністю 50 кВт для використання під час відключень РЕМ.



Виробничі приміщення господарства обігріваються власною котельнею, обладнаною паровими котлами ММЗ потужністю 692 кВт, яка з урахуванням її експлуатаційних даних завантажена близько 55...60 %.

Газопостачання ферми здійснюється від центральної газової мережі через шафові газорегулятори з редукторами РДУК-НН-50/35.

Водопостачання ТОВ «Крин» здійснюється від власного водозабору. Зі свердловини вода глибинними насосами подається у дві водонапірні башти, висотою близько 16 м, об'ємом 30 м<sup>3</sup> кожна. Водопостачання промислових і побутових установ здійснюється під статичним тиском. Крім того, на фермі є два підземних протипожежних басейни об'ємом близько 40 м<sup>3</sup>. Каналізування промислових і цивільних будівель здійснюється в збірних бетонних резервуарах, які регулярно видаляють забруднені води за допомогою мобільних ємностей, агрегованих колісними тракторами.

## **1.2 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи**

Аналіз енергозабезпечення ТОВ «Крин» показує, що підприємство має достатні запаси електроенергії, тепла, питної води, природного газу, тощо.

Власна котельня оснащена паровим котлом ММЗ потужністю 692 кВт, який з огляду на експлуатаційні дані має завантаження близько 55...60%.

Враховуючи пропозиції керівництва ТОВ «Крин», побажання фахівців підприємства та фінансові можливості, в перспективі на незабудованій території планується будівництво комплексу адміністративно-виробничих будівель, в якому з урахуванням неповного використання власної котельні, можна забезпечити теплом для опалення, яке вони виробляють в цій теплогенеруючій установці

У цьому контексті, в кваліфікаційній роботі, зроблено спробу розробити автоматизовану систему опалення, на прикладі адміністративної будівлі, з локалізованими тепловим пунктом.

## 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

### 2.1 Тепловий розрахунок приміщень будівлі

Стіни цього будинку складаються з п'яти шарів: цементного розчину, кладки з цементного розчину, шлакопемзового пінобетону, кладки з цементного розчину і штукатурки з цементно-піщаного розчину, якщо почати рахувати із зовнішнього боку. Переkritтя між поверхами із залізобетонних плит. Пінопласт ПХВ-1 застосований для утеплення горіщного переkritтя і шлакопемзовий пінобетон для фундаментів.

Таблиця 2.1 – Характеристика матеріалів зовнішньої стіни

Назва матеріалу	Об'ємна маса (густина) $\gamma_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Тепло про- відності $\lambda$ , Вт/м · К	Теплозасво- єння $S$ , Вт/м <sup>2</sup> · К
Залізобетон	2500	1,92	17,98
Шлакопемзопінобетон	800	0,29	4,46
Цементно-піщаний розчин	1800	0,76	9,60
Вапняно-піщаний розчин	1600	0,70	8,69
Цегляна кладка на цементно- піщаному розчині, цегла глиняна	1800	0,70	9,20
Пінопласт ПХВ-1 і ПВ-1	125	0,06	0,86

Первинні тепловтрати для окремої конструкції огорожі визначаються за формулою:

$$Q_i = \kappa_i F_i (T_B - T_3) \cdot n_i (1 + \Sigma \beta_i), \quad (2.1)$$

де  $\kappa_i$  – коефіцієнт теплопередачі  $i$ -ї огорожі, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$T_3$  – температура зовнішнього повітря, °К;

$T_B$  – температура внутрішнього повітря, °К;

$F_i$  – площа поверхні огорожі (стелі, стіни, вікна, дверей, тощо), м<sup>2</sup>;

$n_i$  – коефіцієнт фактичного перепаду температури ( $T_6 - T_3$ ) з урахуванням огорожі, що відокремлює опалювальні приміщення від неопалюваних (підвал, горище тощо);

$\beta_i$  – коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати через огорожу.

Коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції визначається за формулою:

$$\kappa = \frac{1}{R_{заг}}, \quad (2.2)$$

У формулі,  $R_{заг}$  – загальний термічний опір теплопередачі огорожувальної конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°K})/\text{Вт}$ :

$$R_{заг} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.3)$$

де  $\alpha_B$  – коефіцієнт конвективного теплообміну внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°K})$ ;

$\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару огорожі, в т.ч.  $i$  повітряний прошарок,  $\text{м}$ ;

$\lambda_i$  – теплопровідність,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°K})$ ;

$\alpha_3$  – коефіцієнт конвективного теплообміну зовнішньої поверхні огорожі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°K})$ .

Значення  $\delta_i$  та  $\lambda_i$  взяті з таблиці 2.1. Отже, відповідно з [15]:

$$\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{°K}; \quad \alpha_3 = 23 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{°K}.$$

Тоді за формулою (2.3) отримаємо:

$$R_{заг} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,25}{0,7} + \frac{0,045}{0,29} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{0,015}{0,7} + \frac{1}{23} = 0,8899 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K})/\text{Вт}.$$

Звідси, коефіцієнт теплопередачі стіни визначається:

$$\kappa_{ст} = \frac{1}{0,8899} = 1,1237 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°K}).$$

Якщо припустити, що опір теплопередачі двошарових вікон з дерев'яною рамою становить  $R_{вік} = 0,39 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K})/\text{Вт}$ , то коефіцієнт теплопередачі вікна визначається за виразом:

$$K_{\text{вік}} = \frac{1}{R_{\text{вік}}}; \quad (2.4)$$

$$K_{\text{вік}} = \frac{1}{0,39} = 2,5641 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°К}).$$

Для стіни, що містять вікна, коефіцієнт теплопередачі становитиме:

$$K_{\text{табл}} = K_{\text{вік}} - K_{\text{ст}}; \quad (2.5)$$

$$K_{\text{табл}} = 2,5641 - 1,1237 = 1,4404 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°К}).$$

Значення температури внутрішнього середовища вважається рівним  $T_{\text{в}} = 20\text{°С}$ . Розрахункове значення температури зовнішнього повітря  $T_{\text{з}}$  враховує теплову інерцію (масу) оболонки, яка може бути задана рівнянням:

$$D = \sum R_i S_i, \quad (2.6)$$

де  $R_i$  – термічний опір  $i$ -го шару огорожі,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°К})/\text{Вт}$ ;

$S_i$  – розрахунковий коефіцієнт теплопоглинання  $i$ -го шару огорожі,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°К})$ .

Оскільки  $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ , то рівняння (2.6) можна записати наступним чином:

$$D = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} S_i; \quad (2.7)$$

$$D = \frac{0,02}{0,76} \cdot 9,6 + \frac{0,25}{0,7} \cdot 9,2 + \frac{0,045}{0,29} \cdot 4,46 + \\ + \frac{0,12}{0,7} \cdot 9,2 + \frac{0,015}{0,7} \cdot 8,69 = 5,9938$$

де  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару оболонки,  $\text{м}$ ;

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу огороження  $i$ -го шару,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°К})$ .

Оскільки це середня інерція стіни, то температуру зовнішнього середовища визначаємо за формулою:

$$T_{\text{з}} = \frac{T_{3.1} + T_{3.5}}{2}, \quad (2.8)$$

де  $T_{3,1}$  - середня температура найхолоднішого дня,  $T_{3,1} = -24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{3,5}$  - середня температура п'яти найхолодніших днів,  $T_{3,5} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Так:

$$T_3 = \frac{-24 - 20}{2} = -22\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Додаткові втрати тепла через огорожі приймаються додатково до основних тепловтрат.

Додаткові тепловтрати в напрямку сторони світу доповнюються за схемою (див. рис. 2.1).

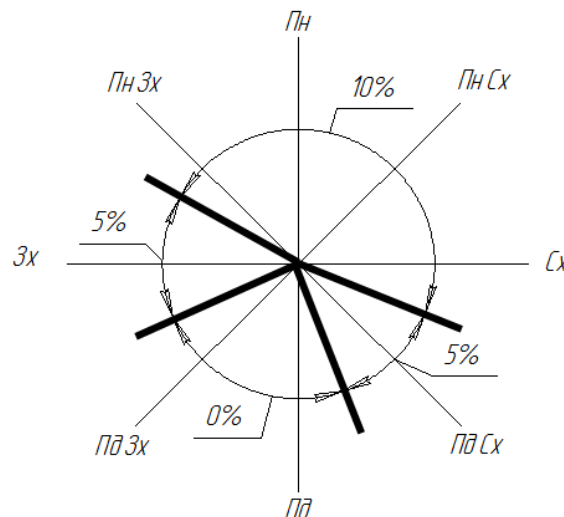


Рисунок 2.1 – Величина добавок до основних тепловтрат в залежності від орієнтації огороження за сторонами світу

Допуск на інші тепловтрати для орієнтовних розрахунків може бути в межах 10% первинних тепловтрат.

За формулою (2.1) ми розрахували тепловтрати кожної стіни, а також стелі та підлоги цієї будівлі. Для зручності розрахунків теплових втрат вихідні та отримані розрахункові дані заносяться в таблицю 2.2.

Отже, розраховані за формулою (2.1) тепловтрати приміщення дорівнюють сумі тепловтрат усіх його периферійних огорож. Крім того, якщо

температура повітря в суміжній кімнаті нижча або вища  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ніж у даній кімнаті, ця сума повинна враховувати втрачене або отримане тепло через внутрішню стіну.

Розрахунок тепловтрат при розміщенні підлоги на землі розраховується по площі. Для цього поверхню підлоги розбивають на смуги шириною  $2\text{ м}$ , паралельні зовнішнім огорожувальним конструкціям (див. рис. 2.2).

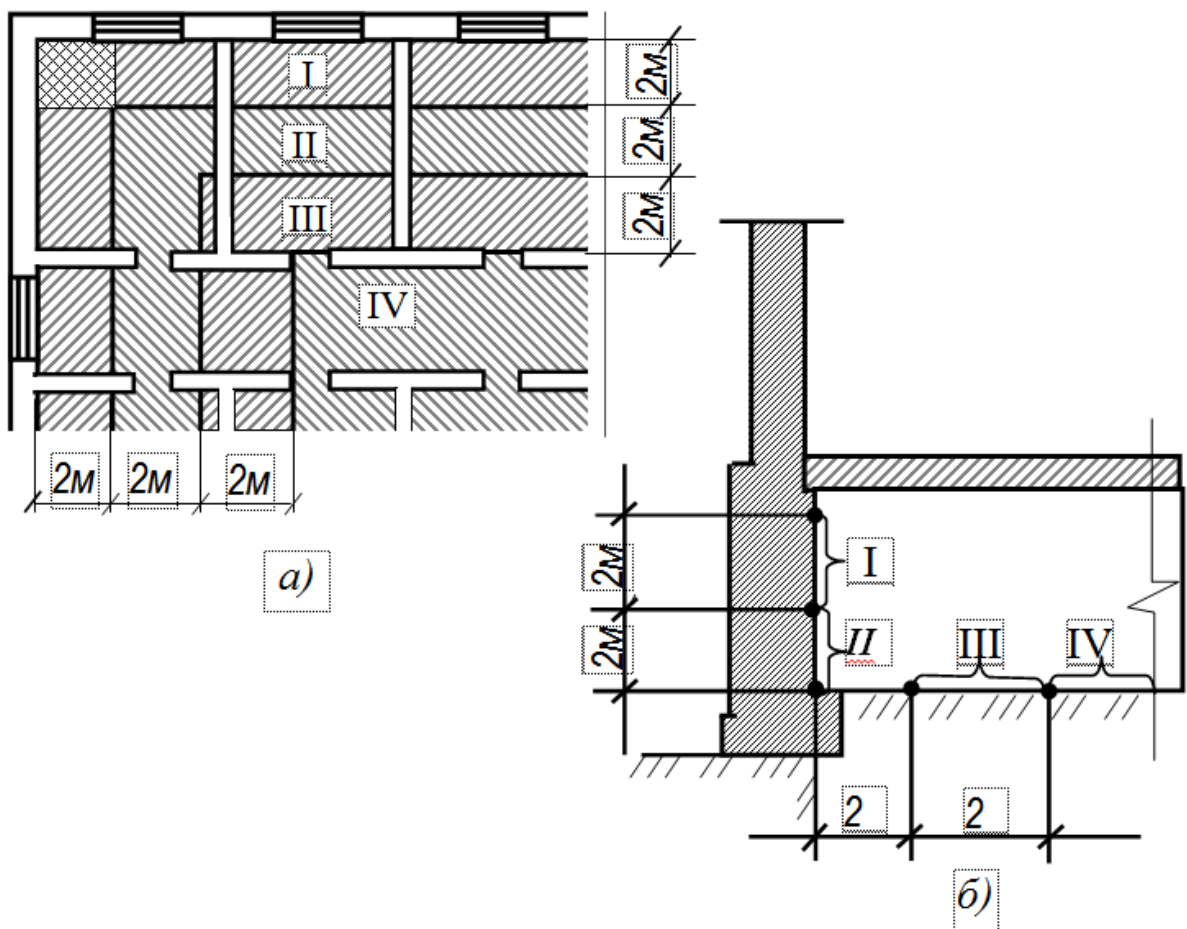


Рисунок 2.2 – Розбивка поверхні підлоги і заглиблених частин зовнішніх стін на зони: *а* - поверхні підлоги; *б* – заглиблених частин зовнішніх стін; I – перша зона; II - друга зона; III – третя зона; IV – четверта зона

Таблиця 2.2 – Розрахунок тепловтраг будинку

Номер приміщення	Температура приміщення, °С	Характеристика огорожі				Коефіцієнт теплопередачі ороодження, Вт/м <sup>2</sup> ·°К	Розрахункова різниця температур (t <sub>в</sub> -t <sub>н</sub> ), °С	Основні тепловтраги через огорожі $Q_{\text{осн}} = k \cdot F \cdot (T_{\text{в}} - T_{\text{н}})$ , Вт	Додаткові тепловтраги β		Коефіцієнт (1+Σβ)	Тепловтраги, Вт			
		Назва	Орієнтація за сторонами світу	Розміри, м	Площа F, м <sup>2</sup>				На орієнтацію за сторонами світу	Інші		Через огорожі	На інфільтрацію	Заразні витрати тепла Q, Вт	Сумарні тепловтраги по кімнаті
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101	20	стіна	ПН	4,65x3,3	15,345	1,44039	42	928,3183	0,1	0,1	1,2	92,83183	92,83183	1113,982	1801,7
		стіна	3X	1,625x3,3	5,3625	1,12371	42	253,0877	0,05	0,1	1,15	12,65438	25,30877	291,0508	
		стіна	СХ	1,625x3,3	5,3625	1,12371	42	253,0877	0,1	0,1	1,2	25,30877	25,30877	303,7052	
102	20	підлога	-	4,2x6,225	26,145	0,23707	15	92,97259	0	0	1	0	0	92,97259	1097,6
		стіна	ПН	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0,1	0,1	1,2	83,84811	83,84811	1006,177	
		підлога	-	4,2x6,125	25,725	0,23707	15	91,47905	0	0	1	0	0	91,47905	
103	20	стіна	ПН	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0,1	0,1	1,2	83,84811	83,84811	1006,177	1097,6
		підлога	-	4,2x6,125	25,725	0,23707	15	91,47905	0	0	1	0	0	91,47905	
		стіна	ПН	4,65x3,3	15,345	1,44039	42	928,3183	0,1	0,1	1,2	92,83183	92,83183	1113,982	
104	20	стіна	3X	1,625x3,3	5,3625	1,12371	42	253,0877	0,05	0,1	1,15	12,65438	25,30877	291,0508	1801,7
		стіна	СХ	1,625x3,3	5,3625	1,12371	42	253,0877	0,1	0,1	1,2	25,30877	25,30877	303,7052	
		підлога	-	4,2x6,225	26,145	0,23707	15	92,97259	0	0	1	0	0	92,97259	
105	20	стіна	ПД	3,225x3,3	10,6425	1,44039	42	643,8337	0	0,1	1,1	0	64,38337	708,2171	1549,9
		стіна	3X	4,425x3,3	14,6025	1,12371	42	689,1772	0,05	0,1	1,15	34,45886	68,91772	792,5538	
		підлога	-	3,125x4,425	13,82813	0,23707	15	49,17332	0	0	1	0	0	49,17332	
106	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	967,5
		підлога	-	4,2x3,025	12,705	0,23707	15	45,17945	0	0	1	0	0	45,17945	
		стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	
107	20	підлога	-	4,2x3,025	12,705	0,23707	15	45,17945	0	0	1	0	0	45,17945	967,5

⊕

Продовження табл. 1.2

108	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	995,8
109	20	підлога	-	4,2x4,925	20,685	0,23707	15	73,55662	0	0	1	0	0	73,55662	967,5
110	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	1584,4
201	20	підлога	-	4,2x3,025	12,705	0,23707	15	45,17945	0	0	1	0	0	45,17945	1872,4
202	20	стіна	ПД	3,225x3,3	10,6425	1,44039	42	643,8337	0	0,1	1,1	0	64,38337	708,2171	1167,2
203	20	стіна	СХ	4,425x3,3	14,6025	1,12371	42	689,1772	0,1	0,1	1,2	68,91772	827,0127	1167,2	
204	20	підлога	-	3,125x4,425	13,82813	0,23707	15	49,17332	0	0	1	0	0	49,17332	1872,4
205	20	стіна	ПН	4,65x3,3	15,345	1,44039	42	928,3183	0,1	0,1	1,2	92,83183	92,83183	1113,982	
206	20	стіна	3X	1,625x3,3	5,3625	1,123707	42	253,0877	0,05	0,1	1,15	12,65438	25,30877	291,0508	
207	20	стіна	СХ	1,625x3,3	5,3625	1,123707	42	253,0877	0,1	0,1	1,2	25,30877	25,30877	303,7052	
208	20	стіна	-	4,2x6,225	26,145	0,41733	15	163,6659	0	0	1	0	0	163,6659	1167,2
209	20	стіна	ПН	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0,1	0,1	1,2	83,84811	83,84811	1006,177	
210	20	стіна	-	4,2x6,125	25,725	0,41733	15	161,0367	0	0	1	0	0	161,0367	1167,2
211	20	стіна	ПН	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0,1	0,1	1,2	83,84811	83,84811	1006,177	
212	20	стіна	-	4,2x6,125	25,725	0,41733	15	161,0367	0	0	1	0	0	161,0367	1167,2
213	20	стіна	ПН	4,65x3,3	15,345	1,44039	42	928,3183	0,1	0,1	1,2	92,83183	92,83183	1113,982	
214	20	стіна	3X	1,625x3,3	5,3625	1,12371	42	253,0877	0,05	0,1	1,15	12,65438	25,30877	291,0508	
215	20	стіна	СХ	1,625x3,3	5,3625	1,12371	42	253,0877	0,1	0,1	1,2	25,30877	25,30877	303,7052	
216	20	стіна	-	4,2x6,225	26,145	0,41733	15	163,6659	0	0	1	0	0	163,6659	1167,2
217	20	стіна	ПД	3,225x3,3	10,6425	1,44039	42	643,8337	0	0,1	1,1	0	64,38337	708,2171	1587,3
218	20	стіна	3X	4,425x3,3	14,6025	1,12371	42	689,1772	0,05	0,1	1,15	34,45886	68,91772	792,5538	
219	20	стіна	-	3,125x4,425	13,82813	0,41733	15	86,56311	0	0	1	0	0	86,56311	1001,8
220	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	1001,8
221	20	стіна	-	4,2x3,025	12,705	0,41733	15	79,53242	0	0	1	0	0	79,53242	1001,8
222	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	1001,8
223	20	стіна	-	4,2x4,925	20,685	0,41733	15	129,4867	0	0	1	0	0	129,4867	1001,8
224	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	1001,8
225	20	стіна	-	4,2x3,025	12,705	0,41733	15	79,53242	0	0	1	0	0	79,53242	1001,8
226	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	1001,8
227	20	стіна	-	4,2x4,925	20,685	0,41733	15	129,4867	0	0	1	0	0	129,4867	1001,8
228	20	стіна	ПД	4,2x3,3	13,86	1,44039	42	838,4811	0	0,1	1,1	0	83,84811	922,3292	1001,8
229	20	стіна	-	4,2x3,025	12,705	0,41733	15	79,53242	0	0	1	0	0	79,53242	1001,8
230	20	стіна	ПД	3,225x3,3	10,6425	1,44039	42	643,8337	0	0,1	1,1	0	64,38337	708,2171	1621,7
231	20	стіна	СХ	4,425x3,3	14,6025	1,12371	42	689,1772	0,1	0,1	1,2	68,91772	68,91772	827,0127	
232	20	стіна	-	3,125x4,425	13,82813	0,41733	15	86,56311	0	0	1	0	0	86,56311	1621,7



Найближча до зовнішньої стіни смуга була визначена як перша зона, наступні дві смуги – як друга та третя зони, а решта поверхні підлоги – як четверта зона. В нашому випадку через розміри будинку всього три зони.

Розраховуємо втрати тепла в кожній зоні за формулою (2.1), приймаючи, що  $n_i \cdot (1 + \beta_i) = 1$ .

За значення термічного опору беремо умовне опір теплопередачі, яке дорівнює для кожної площі неутепленої підлоги:

$$\text{для першої зони} - R_{n.n.} = 2,1 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт};$$

$$\text{для другої зони} - R_{n.n.} = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт};$$

$$\text{для третьої зони} - R_{n.n.} = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}.$$

Крім цього, питання в тому, що проєктований будинок має підвал, тому для утеплення будемо розглядати підлогу першого поверху.

Для теплоізоляційної підлоги термічний опір визначається за формулою [15]:

$$R_{y.n.} = R_{n.n.} + \sum \frac{\delta_{y.ш.}}{\lambda_{y.ш.}}, \quad (2.9)$$

де,  $R_{y.n.}$  – термічний опір утепленої підлоги,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}$ ;

$\delta_{y.ш.}$  – товщина ізоляційного шару, м;

$\lambda_{y.ш.}$  – Теплопровідність теплоізоляційного шару,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{°K})$ ;

$R_{n.n.}$  – тепловий опір неутепленої підлоги,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}$ .

Тоді опір теплопередачі кожної ділянки утепленої підлоги дорівнює:

$$\text{I зона} - R_{y.n.} = 2,55941 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт};$$

$$\text{II зона} - R_{y.n.} = 4,75941 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт};$$

$$\text{III зона} - R_{y.n.} = 9,05941 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт}.$$

Щоб розрахувати втрати тепла через окрему огорожу, необхідно знати площу огорожі (див. рівняння 2.1).

Площа індивідуальних огорожень повинна визначатися за правилами вимірювання при розрахунку тепловтрат (рис. 2.3) [15].

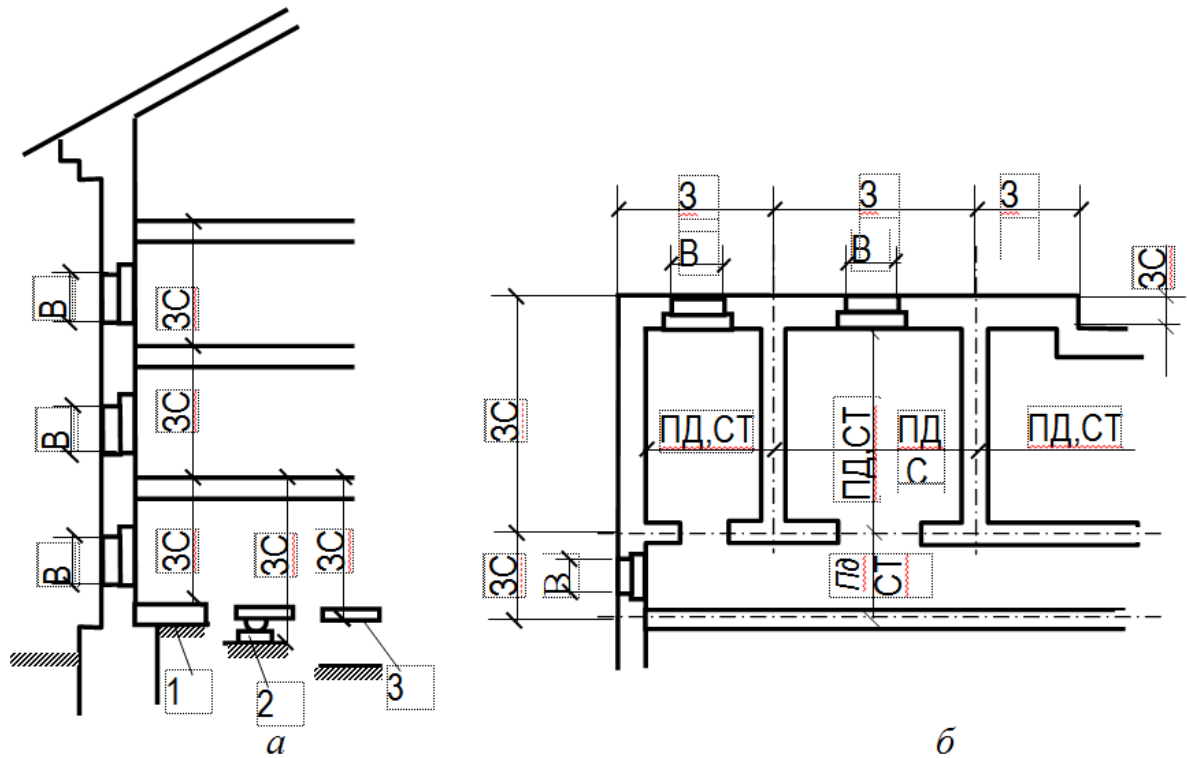


Рисунок 2.3 – Правила обмірювання площ огорожень, через які проходить втрата теплоти: *а* – в розрізі будинку; *б* – в плані будинку

Правила вимірювання площі огорожі є такими [15]:

- площа зовнішньої стіни, виміряна в плані – по осі внутрішньої стіни і периметру між зовнішніми кутами стіни; по висоті – по першому поверсі (залежно від конструкції підлоги) або по зовнішній поверхні підлоги на землі, або від балок підготовчої поверхні конструкції підлоги над стелею, або від нижньої поверхні підвалу чи неопалюваного підвалу над стелею до чистого другого поверху; проміжного поверху від наступного поверху; нижнього поверху до верхнього поверху на горищі чи не -конструкції мансардного перекриття високий поверх.

- площа вікон, дверей і світильників вимірюється відповідно до найменшого будівельного отвору;

- площа стелі і підлоги вимірюється між віссю внутрішньої стіни та внутрішньою поверхнею зовнішньої стіни;

Вибір типу системи опалення ґрунтується на врахуванні тепловтрат на опалювальне приміщення та загальних тепловтрат будівлі, а також внутрішнього тепловиділення (21 Вт на 1 м<sup>2</sup> [11]):

$$Q_{\text{ноб}} = 21 \cdot F_{\text{кв}}, \quad (2.10)$$

де  $Q_{\text{ноб}}$  – тепловиділення домогосподарств, Вт;

$F_{\text{кв}}$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>.

Для зручності використання розрахункових даних ми заповнюємо таблицю 2.3, в якій від величини тепловтрат приміщення віднімаємо  $Q_{\text{ноб}}$ . (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.3 – Зведені загальні тепловтрати приміщень будівлі

№ приміщення	$Q$ , Вт	$Q_{\text{ноб}}$ , Вт	$Q - Q_{\text{ноб}}$ , Вт
1	2	3	4
101	1801,711	549,045	1252,6656
102	1097,656	0	1097,656
103	1097,656	0	1097,656
104	1801,711	549,045	1252,6656
105	1549,944	0	1549,944
106	967,5086	0	967,5086
107	967,5086	0	967,5086
108	995,8858	0	995,8858
109	967,5086	0	967,5086
110	1584,403	0	1584,403

Продовження табл. 2.3

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
201	1872,404	549,045	1323,3589
202	1167,214	0	1167,214
203	1167,214	0	1167,214
204	1872,404	549,045	1323,3589
205	1587,334	0	1587,334
206	1001,862	0	1001,862
207	1001,862	0	1001,862
208	1051,816	0	1051,816
209	1001,862	0	1001,862
210	1621,793	0	1621,793
Загальні тепловтрати будівлі			23981,0766

## 2.2 Розробка схеми і обґрунтування параметрів системи опалення

Сучасна система опалення повинна забезпечувати наступні основні вимоги [15]:

- будівельно-монтажні – конструктивне узгодження з архітектурно-планувальними рішеннями будівлі для забезпечення простоти монтажу та обслуговування системи;

- санітарні – забезпечення необхідної внутрішньої температури за нормами БНіП при збереженні інших показників мікроклімату приміщень;

- економічні – економія на витратах ресурсів;

- експлуатаційні – надійна і довговічна, легка і проста у використанні та обслуговуванні, безпечна, зручна і сучасна;

- естетичні – підходити для інтер'єрів кімнат, мінімальний розмір, не займає зайвого місця.

Призначення, конструкція та умови експлуатації будівлі визначають характеристики теплового стану будинку і, відповідно, конструкцію, параметри та режим роботи системи опалення.

Цивільні та промислові будівлі з постійним тепловим режимом поділяються на чотири групи [3, 4, 15]. До другої категорії відносяться адміністративні будинки, де нагрівання внутрішнього середовища здійснюється за допомогою радіаторів і конвекторів, причому нагрівальні елементи і стояки встановлені в зовнішній будівельній конструкції [1-6,15].

Основними структурними елементами системи опалення є (рис. 2.4) джерело тепла (теплогенератор), теплопровід і нагрівальний прилад.

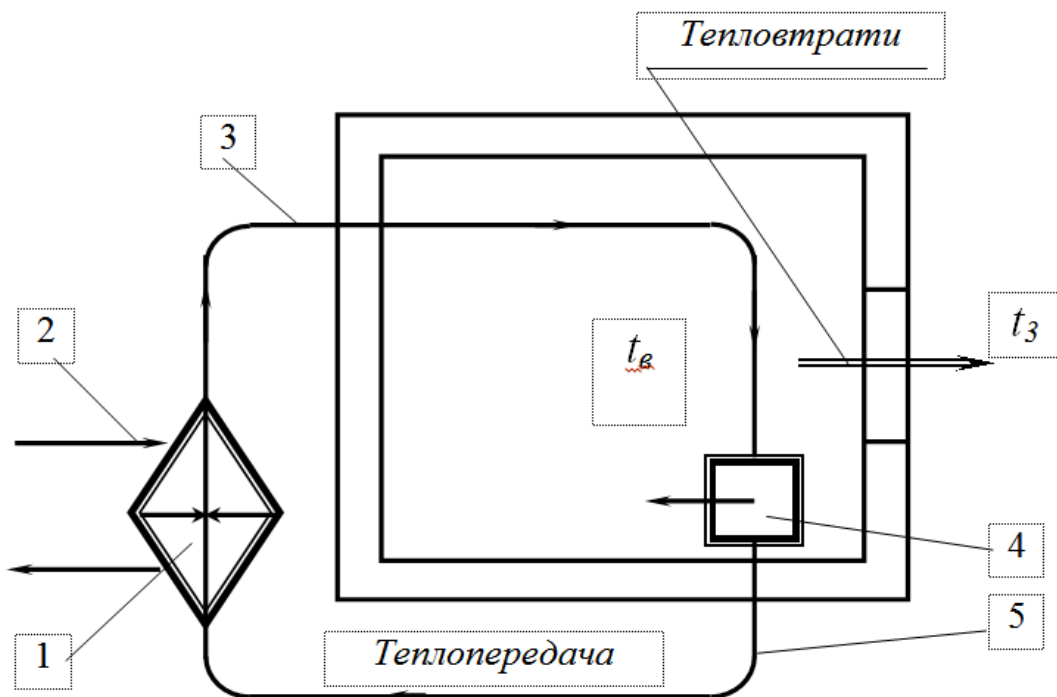


Рисунок 2.4 – Принципова схема системи опалення: 1 – теплообмінник (теплогенератор); 2 – підведення первинного теплоносія (паливо); 3 – подавальний теплопровід; 4 – опалювальний прилад; 5 – зворотний трубопровід

Для опалення адміністративної будівлі ми використовуємо двотрубну систему водяного опалення з низькою розводкою та подачею теплоносія від центральної теплової мережі.

Двотрубна система забезпечує подачу води однакової температури до опалювального обладнання кожного поверху без попереднього регулювання на крані (необхідна в однотрубних системах), використовується при необхідності щоквартального обліку тепла (встановлення теплотічників) Розрахункова поверхня нагріву опалювального приладу дещо менша, ніж в однотрубній системі. Двотрубна система опалення з нижнім розподілом теплоносія більш гідравлічно стійка, ніж двотрубна система з верхнім розподілом теплоносія.

Для передачі тепла від теплоносія до нагрівальної камери використовуються нагрівальні прилади (опалювальні прилади) різних конструкцій і типів.

За конструкцією і типом теплообміну прилади опалення поділяються на радіатори, конвектори, гладкі й ребрені труби, нагрівальні плити, а за матеріалом виготовлення – на виготовлені з металу (сталь, чавун, сплави на основі алюмінію і міді), неметалеві (керамічні, порцелянові) і композитні (скляні, пластикові або металеві канали в бетоні тощо).

Детальну інформацію про конструкцію, типи та техніко-економічні показники опалювальних установок можна знайти в літературі, наведеній у списку літератури.

В даній роботі в якості опалювального приладу використовується чавунний радіатор РД-90С.

Щоб розрахувати площу опалювального приладу, необхідно знати його необхідну теплову потужність  $Q_{np}$ . Його можна визначити із загальної потреби приміщення  $Q$  в теплі з урахуванням тепла, що виділяється від

неізолюваних поверхонь труб, розташованих у приміщенні  $Q_{np}$  за формулою [15]:

$$Q_{np} = Q - Q_{mp} \quad (2.10)$$

Теплопередача неізолюваних труб, прокладених у приміщенні на відкритому повітрі, визначається рівнянням [15]:

$$Q_{mp} = \sum (f_{mp} \cdot l \cdot q'_o \cdot b_{mp}), \quad (2.11)$$

у формулі  $f_{mp}$  – площа 1 м довжини неізолюваної сталеві труби магістральної труби, стояка, тощо, *екм*;

$q'_o$  – теплопередача 1 *екм* в кожній частині трубопроводу;

$l$  – довжина труби, м;

$b_{mp}$  – коефіцієнт, що враховує розташування труби.

Застосуємо наступні значення коефіцієнту  $b_{mp}$ : 0,25 – для труб, прокладених під стелею приміщення; 0,75 – для приміщень з трубами, прокладеними над підлогою; 0,5 – для вертикально прокладених труб; 1 – для приєднувального обладнання.

Теплова віддача 1 *екм* для кожної ділянки труби при постійному загальному діаметрі визначається за формулою [15]:

$$q_0 = (5,6 + 0,035 \cdot \Delta t) \cdot \Delta t \quad (2.12)$$

Для формули (2.11) прийнято:

$$q'_o = b_1 \cdot q_0 \quad (2.13)$$

де  $b_1$  – коефіцієнт, що враховує падіння температури води при її протіканні по трубах системи опалення.

Середня температура води всередині установки визначається за формулою:

$$t_{np} = \frac{t_e + t_0}{2}, \quad (2.14)$$

При стандартних значеннях  $\frac{t_c}{t_0} = \frac{90}{70} \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_{np} = \frac{90 + 70}{2} = 82,5 \text{ } ^\circ\text{C}$  і

температурі повітря в приміщенні  $t_e = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ , різниця середньої температури становитиме:

$$\Delta t = t_{np} - t_e, \quad (2.15)$$

$$\Delta t = 82,5 - 20 = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де  $t_e$  – розрахункова температура повітря в приміщенні,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{np}$  – розрахункова середня температура опалювального приладу,  $^\circ\text{C}$ ;

$f_{mp}$  – площа еквівалентна, пропорційна зовнішньому діаметру труби,

відповідно:

- для труб  $d_y \leq 32 \text{ мм.}$ :

$$f_{mp} = 1,78 \cdot \pi \cdot d_{зовн} \quad (2.16)$$

- для труб  $d_y > 32 \text{ мм.}$

$$f_{mp} = 1,56 \cdot \pi \cdot d_{зовн}, \quad (2.17)$$

або берться значення відповідно до узгодженого діаметра труби.

Для закритих (прихованих) теплових труб або відкритих, але ізольованих значення  $Q_{mp} = 0$ , оскільки їхня теплопередача становить близько 5% від загальної потреби тепла  $Q$  кімнати (див. рівняння 2.1), і цим можна знехтувати.

Площа поверхні нагрівального приладу, переведена в *екм*, визначається за формулою:

$$F_0 = \frac{Q_{np}}{q_0} \cdot b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot b_4 \quad (2.18)$$

у цій формулі  $F_0$  – площа поверхні тепловіддачі нагрівального приладу, *екм*;

$q_0$  – визначається формулою (2.12);

$b_1$  – визначається за формулою (2.13);

$b_2$  – коефіцієнт для врахування розташування обладнання;



$b_3$  – коефіцієнт, що враховує спосіб підведення теплоносія до приладу та відносну витрату води через прилад;

$b_4$  – коефіцієнт радіатора з урахуванням очікуваної кількості вузлів: 0,95 – до 5 вузлів; 1 – від 5 до 10 вузлів; 1,05 – від 10 до 20, вузлів; 1,1 – більше 20 вузлів.

Кількість секцій нагрівального приладу визначимо з виразу:

$$n = \frac{F_0}{f_0}, \quad (2.19)$$

де  $f_0$  – площа поверхні тепловіддачі 1 секції, *екм*.

Дані розрахунку приведемо в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок опалювальних приладів

<i>№ приміщення</i>	$t_g, \text{ } ^\circ\text{C}$	$Q, \text{ Вт}$	$Q_{\text{гр}}, \text{ Вт}$	$Q_{\text{пр}}, \text{ Вт}$	<i>Назва, тип, марка нагрівального приладу</i>	$F_0, \text{ екм}$	$f_0, \text{ екм}$	$n, \text{ штук}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
101	20	1252,67	557,49	695,17	РД-90С	1,32	0,275	4,81
102	20	1097,66	114,03	983,63	РД-90С	1,87	0,275	6,8
103	20	1097,66	63,02	1034,64	РД-90С	1,97	0,275	7,15
104	20	1252,67	462,97	789,7	РД-90С	1,5	0,275	5,46
105	20	1549,94	87,02	1462,92	РД-90С	2,81	0,275	10,21
106	20	967,51	359,12	608,39	РД-90С	1,15	0,275	4,17
107	20	967,51	216,59	750,92	РД-90С	1,41	0,275	5,14
108	20	995,89	196,33	799,55	РД-90С	1,51	0,275	5,48
109	20	967,51	326,44	641,07	РД-90С	1,21	0,275	4,39
110	20	1584,4	87,02	1497,38	РД-90С	2,88	0,275	10,46
201	20	1323,36	375,31	948,05	РД-90С	1,8	0,275	6,56
202	20	1167,21	114,03	1053,19	РД-90С	2	0,275	7,28

1	2	3	4	5	6	7	8	9
203	20	1167,21	63,02	1104,2	РД-90С	2,1	0,275	7,64
204	20	1323,36	355,8	967,56	РД-90С	1,84	0,275	6,7
205	20	1587,33	87,02	1500,31	РД-90С	2,88	0,275	10,48
206	20	1001,86	359,12	642,74	РД-90С	1,21	0,275	4,4
207	20	1001,86	216,59	785,27	РД-90С	1,48	0,275	5,38
208	20	1051,82	196,33	855,48	РД-90С	1,63	0,275	5,92
209	20	1001,86	326,44	675,43	РД-90С	1,27	0,275	4,63
210	20	1621,79	87,02	1534,77 2	РД-90С	2,95	0,275	10,72

З урахуванням розташування приміщення та запобігання утворенню конденсату в кутових приміщеннях приймаємо збільшену кількість нагрівальних приладів, ніж у розрахунку (табл. 2.5).

№ кімнати	n, штук	№ кімнати	n, штук	№ кімнати	n, штук	№ кімнати	n, штук
101	8	106	6	201	8	206	6
102	8	107	6	202	8	207	6
103	8	108	6	203	8	208	6
104	8	109	6	204	8	209	6
105	14	110	14	205	14	210	14

У двотрубній водяній системі теплопостачання, початкова температура гарячої води в системі приймається за температуру води  $t_2$ , що надходить до кожного опалювального приладу, а кінцева температура охолоджуючої води в системі – за температуру  $t_0$  охолодженої води.

### 2.3 Розрахунок гідравлічних параметрів системи опалення

Як зазначалося вище, ми використовуємо водяну двотрубну систему тепlopостачання з примусовою циркуляцією води.

Вибравши систему опалення будівлі, приводимо аксонометричну схему запропонованої системи опалення.

Для кожної секції визначаємо її порядковий номер відповідно до порядку розрахунку основного циркуляційного контуру і теплового навантаження – тепла, яке віддає або повинен віддавати теплоносії через опалювальний прилад, відповідне всьому опалювальному обладнанню, розташованому в системі до розглянутої частини (для живильної частини магістралі) або після (для частини зворотної магістралі) враховуються втрати тепла в трубопроводі.

Якщо розглянутою площею є стояк, то його теплове навантаження дорівнює тепловому навантаженню на стояк. Крім того, для кожного сегмента визначається тільки загальна довжина трубопроводу для цього сегмента  $l$ . Отримані дані заносимо в таблицю 2.6.

Споживання води, що протікає через розрахункову ділянку, можна визначити, виходячи з наступних факторів:

$$G = \frac{3,6Q}{C(t_2 - t_0)} = \frac{3,6Q}{4,19(t_2 - t_0)} = 0,86 \frac{Q}{t_2 - t_0}, \quad (2.20)$$

де  $G$  – витрата води розрахункової площі,  $кг/год$ ;

$t_2$  – температура подавальної води ( $90^\circ C$ );

$t_0$  – температура охолодженої, зворотньої води ( $70^\circ C$ );

3,6 – коефіцієнт переведення з  $Вт$  в  $Дж$ ;

$C$  – масова питома теплоємність води ( $C \approx 4,19 \text{ кДж/кг } ^\circ K$ );

$Q$  – теплове навантаження на ділянку,  $Вт$ .

Таблиця 2.6 – Розрахунок трубопроводів двогрубної системи водяного опалення.

№ ділянки	Температура на виході $t_{вм}$	Витрата води через ділянку $G_{д/год}$	Довжина ділянки $L_{д}$	Результати розрахунку						
				$d_{зм}$	$v_{зм/с}$	$R_{IIa}$	$R_{I,IIa}$	$\Sigma z$	$z_{IIa}$	$(R_{I+z})_{IIa}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розрахунок головного циркуляційного кільця										
1	12687,1000	545,5453	0,60	40	0,087	3,4	2,04	2	7,2	9,24
2	11435,9753	491,7469379	0,40	32	0,097	4,4	1,76	1	4,5	6,26
3	9899,7815	425,6906045	7,60	32	0,085	3,9	29,64	1	3,4	33,04
4	8244,7464	354,5240952	0,90	32	0,068	2,6	2,34	1	2,1	4,44
5	6928,2487	297,9146941	3,10	25	0,096	7,8	24,18	1	4,6	28,78
6	3896,0947	167,5320721	13,00	20	0,088	8,1	105,3	5	19,1	124,4
7	2138,8400	91,97012	6,40	15	0,076	9,6	61,44	6	16,2	77,64
8	1034,6410	44,489563	0,30	15	0,043	2,4	0,72	6	5,4	6,12
9	1034,6410	44,489563	1,20	15	0,043	2,4	2,88	4	3,6	6,48
10	3962,7917	170,4000431	1,60	20	0,088	8,1	12,96	5	19,1	32,06
11	13828,1880	594,612084	27,00	32	0,13	8,9	240,3	8	44,8	285,1
12	13828,1880	594,612084	0,40	40	0,096	4,3	1,72	3	14,1	15,82
13	19330,3775	831,2062304	3,80	50	0,1	3,4	12,92	6	29,4	42,32
14	19330,3775	831,2062304	4,20	50	0,1	3,4	14,28	6	29,4	43,68

±

Втрати тиску на тертя вздовж трубопроводу визначають за формулою:

$$\Delta p = R \cdot l \quad (2.21)$$

де  $R$  – питома витрата тиску, створювана тертям між водою і стінкою труби на ділянці довжиною  $l$ , Па/м;

$l$  – довжина ділянки труби, м.

Таблицю 2.6 використаємо для прийняття для значень  $d$ ,  $v$ ,  $R$  і  $R \cdot l$ .

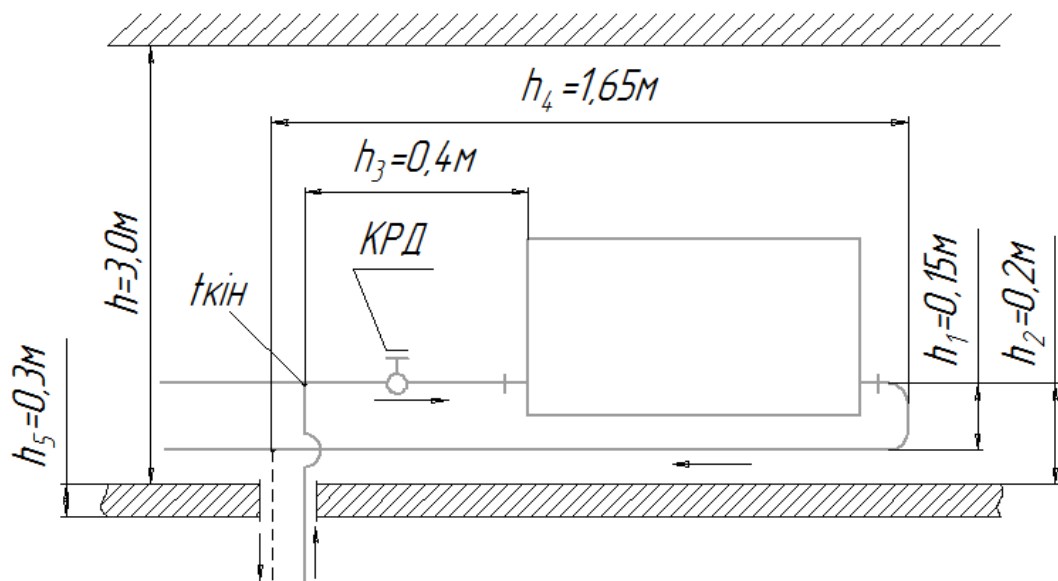


Рисунок 2.5 – Схема до визначення кількості секцій нагрівального приладу двотрубно-водяної системи опалення з нижнім розведенням теплоносія

Величина втрати тиску в системі визначається за такими факторами:

$$p_{сист} = \sum(R \cdot l + Z), \text{Па.} \quad (2.22)$$

Розрахований тиск циклу:

$$\begin{aligned} \Delta p_1 &= qh_1 (\rho_{70} - \rho_{95}) + \Delta p_{мп} = \\ &= 9,813,0 (978 - 962) + 300 = 770,88 \text{Па} \end{aligned}$$

де  $\Delta p_{мп}$  – додатковий тиск від зворотного теплоносія, Па. Для двотрубно-водяної системи та примусової циркуляції теплоносія  $\Delta p_{мп} = 300 \text{ Па}$ .

Запас тиску буде дорівнює:

$$\frac{\Delta p_1 - \sum(Rl - Z)}{\Delta p_1} \cdot 100 = \frac{770,88 - 715,38}{770,88} \cdot 100 = 4,92\% \quad (2.23)$$

Враховуючи, що запас тиску для непередбачених локальних опорів, які можуть виникнути під час монтажу системи, становить менше 10%, жодних змін до розрахунків для трубопроводу не вносилося.

## 2.4 Розрахунок параметрів водоструминного змішувача

Водоструминний змішувач використовується в системі опалення для зниження температури води із зовнішнього теплопроводу (мережі) до допустимої системою температури  $t_2$ . Коли високотемпературна вода  $t_1$  змішується з зворотною водою з місцевої системи опалення (охолодженою до температури  $t_0$ ), температура знижується.

Вода високої температури подається під тиском у зовнішніх теплопроводах до місця змішування, яке створюється мережевими циркуляційними насосами теплових пунктів.

При відомій системі теплоємності  $Q_c$  чим вища температура  $t_1$ , тим менша високотемпературна вода  $G_l$  [3,6,15].

Кількість теплоносія, що циркулює в системі опалення:

$$G_{зм} = \frac{3,6 \sum Q}{C(t_2 - t_0) \cdot 1000}, \quad (2.24)$$

$$G_{зм} = \frac{3,6 \cdot \sum Q}{C \cdot (t_2 - t_0) \cdot 1000} = \frac{3,6 \cdot 23981,1}{4,19 \cdot (90 - 70) \cdot 1000} \approx 1,03 \text{ м}^3/\text{год}.$$

де  $\sum Q$  – загальна витрата тепла системою опалення, Вт;

$C$  – питома теплоємність води, кДж/кг °К;

Коефіцієнт змішування буде визначатися співвідношенням [15]:

$$q'_{зм} = \frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_0} \quad (2.25)$$

$$q'_{зм} = \frac{115 - 90}{90 - 70} = 1,25$$

У розрахунку коефіцієнт змішування приймаємо із запасом 15%, а саме:

$$q_{зм} = 1,15q'_{зм}, \quad (2.26)$$

$$q_{зм} = 1,15 \cdot 1,25 \approx 1,44$$

Значення коефіцієнта змішування необхідно для визначення основного розміру елеватора – діаметра горловини на переході від змішувальної камери до дифузора:

$$d_2 = 15,14 \sqrt{\frac{G_{зм}^2 (1 + q_{зм})^2}{P_{сист}}} \quad (2.27)$$

$$d_2 = 15,1 \cdot \sqrt[4]{\frac{1,03^2 \cdot (1 + 1,44)^2 \cdot 1000}{341,6}} \approx 55,8_{мм}$$

де  $d_2$  – діаметр входу горловини, м;

$P_{сист}$  – гідравлічний опір системи опалення, *кПа*;

$G_{зм}$  – кількість змішаного теплоносія, *т/год*.

Ми вибрали водоструминний змішувач, у якого  $d_2 = 60_{мм}$ .

Вибравши серію елеваторів, діаметр горловини яких близький до розрахункового, визначаємо діаметр сопла за формулою:

$$d_c = \frac{d_2}{1 + q_{зм}} = \frac{55,8}{1 + 1,44} \approx 23_{мм}. \quad (2.28)$$

де  $d_c$  – діаметр сопла елеватора, *мм*.

## **3 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЕНОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕПЛООВОГО УВОДУ**

### **3.1 Існуючі теплові уводи**

Теплові вводи (пункти) – це вузли, які підключають споживачів тепла до теплової мережі. Вони також відомі як модулі теплового регулювання або уводи користувача.

Основним призначенням теплового пункту є підготовка теплоносія, подача його споживачу та повернення відпрацьованого теплоносія в зворотну лінію опалення [2, 4-6, 9-14].

Теплові уводи будуються як локальні (МТП), що задаються індивідуально для кожної будівлі, так і групові (ГТП) – для групи будівель. В основному ГТП застосовують на промислових підприємствах, а також у великих комплексах.

Локальні (місцеві) теплові уводи використовуються переважно при опаленні приміщень адміністративної будівлі, тваринницьких ферм, споруд на захищених ґрунтах, тощо.

Системи опалення будівель і споруд приєднують до теплової мережі за суміжними або самостійними схемами.

Відповідно до підсхеми система опалення підключається до теплової мережі, коли температура води в системі не обмежена (пральні, санвузли, сектори громадського харчування, промислові підприємства тощо). Якщо розрахункова температура води в системі опалення нижча за розрахункову температуру теплоносія в тепломережі, на тепlopункті використовується змішувальне обладнання (елеватори, насоси, тощо).

В тепловому пункті встановлено наступне обладнання: змішувач (елеватор), відцентровий водяний насос, резервуар гарячої води, водонагрівач для систем ГВП та опалення (при окремій схема підключення системи опалення до системи теплопостачання (теплової мережі), грязьові



колектори, засоби автоматичного управління та регулювання, фільтрів, запірної арматури, тощо.

Коли, внаслідок дуже великого (або дуже малого) значення перепаду тиску, в локальній системі опалення елеватор не може забезпечити необхідний степінь змішування гарячого і холодного теплоносія – в цьому випадку використовується відцентровий водяний насос.

### **3.2 Характеристика розробленої системи опалення**

Адмінбудівля ТзОВ «Крин» споживає тепло, яке виробляє котельня. Система опалення підключається до системи тепlopостачання за самостійною схемою через місцеві теплові пункти, обладнані водорозпилювальними змішувачами (елеваторами), автоматичним обліком спожитої теплової енергії та регулюванням температури приміщень адміністративної будівлі.

На рисунку 3.1 показано схему теплового уводу і розміщеного в ньому обладнання, а також аксонометричний вигляд системи циркуляції та регулювання кількості і якості теплоносія.

В ілюстративній частині роботи зображена розроблена двотрубна система водяного опалення адміністративної будівлі, температура теплоносія якої –  $95/70^{\circ}\text{C}$ . Опалювальне обладнання – чавунні радіатори. Регулювання тепловіддачі опалювального агрегату здійснюється за допомогою радіаторного клапанного регулятора. Відведення повітря з системи опалення здійснюється через кран Маєвського.

Система опалення розроблена згідно ДСТУ 3262-75 із сталевих водогазопроводів. Для ізоляції труби системи опалення підвалу застосована відповідна теплова та гідравлічна оболочка.

Основними техніко-економічними показниками системи опалення є:

- встановлена потужність опалювального обладнання – 25156 Вт. (25,156 кВт);
- розрахункові витрати тепла на опалення – 23981 Вт;
- річні витрати палива на опалення адміністративної будівлі – 8,46 т.у.п.

### **3.3 Розроблена схема автоматизованого теплового уводу**

Теплова схема автоматизованого теплового уводу – це загальні графічні представлення основного та вторинного обладнання, з'єднаних між собою тепловими трубками відповідно до порядку їх руху.

Розрізняють базову, розширену і робочу теплові схеми.

Базова (ізометрична) і розширена схеми розробленого автоматичного введення користувача показані на рисунку 3.1 і 3.2 відповідно. Схема автоматичного введення абонентів, показана на цих малюнках, дозволяє:

- підтримувати розрахункову температуру приміщення шляхом регулювання споживання теплової енергії;
- підготовку теплоносія для системи опалення адміністративної будівлі шляхом змішування гарячого теплоносія з холодним теплоносієм елеваторної тепломережі;
- автоматичний розрахунок спожитої теплової енергії за допомогою теплотічильника;
- використання лічильника води для розрахунку витрати теплоносія.

Відповідно до вимог «Положень обчислення, відпуску та споживання теплової енергії» передбачається облік теплової енергії єдиним потоком, користувачі використовують воду теплової мережі для споживання теплової енергії, встановлюють труби витратомірів (імпульсних водолічильників) на мережевому водопроводі та встановлюють датчики температури на трубах мережевого водопостачання та зворотної води.



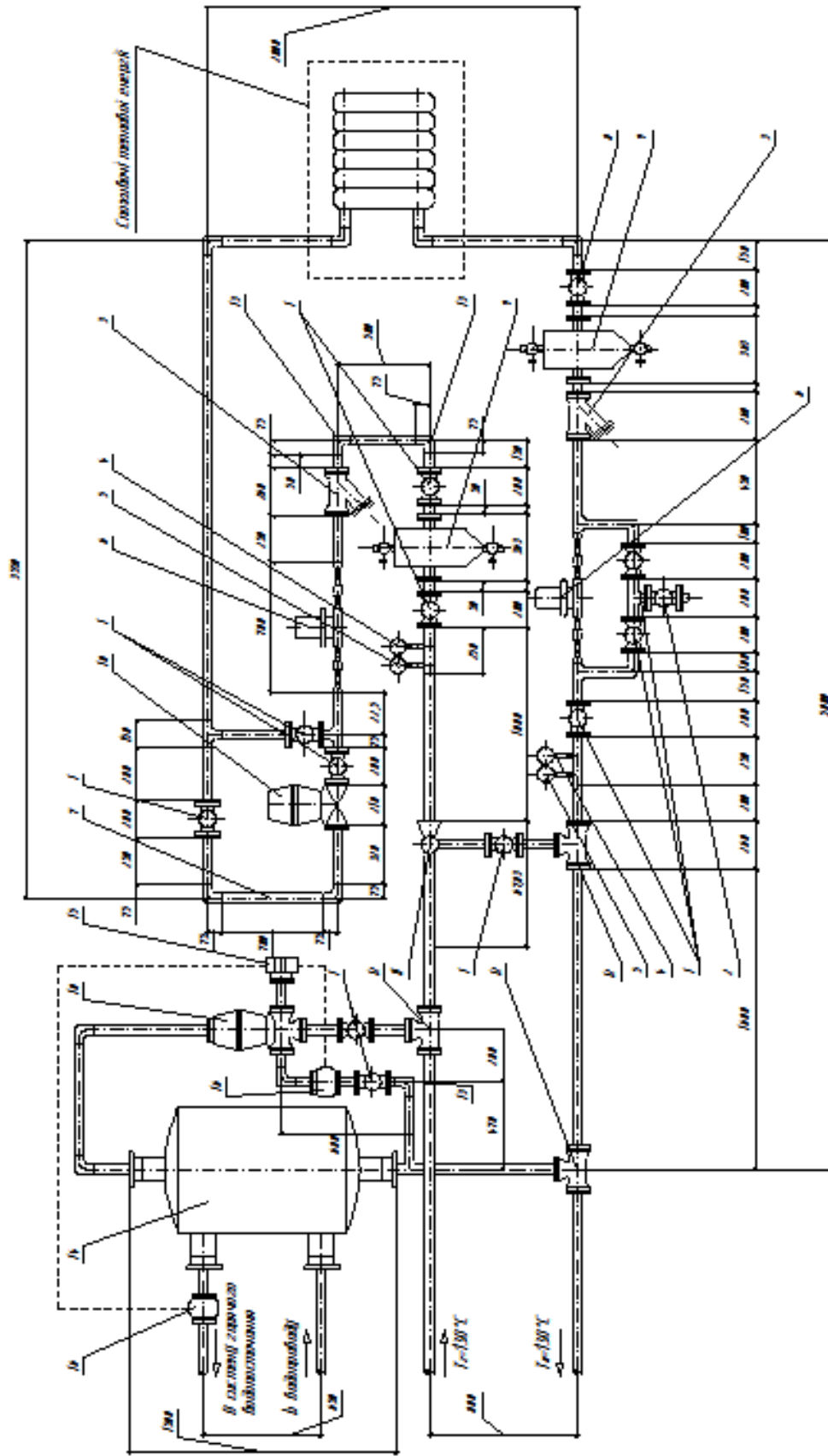


Рисунок 3.2 – Розгорнута схема абонентського уводу: 1,2 – крани кульові напіврохідні; 3 – фільтр магнітний; 4 – манометр; 5 – термометр; 6 – теплолічильник; 7 – теплопровод; 8 – кран кульовий повнопрохідний; 9 – грязьовик; 10 – електромоторний клапан; 11 – елеватор; 12 – трійник; 13 – кутник; 14 – бойлер; 15 – термореле; 16 – регулятор витрати

Калориметричні розрахунки проводяться на багатоканальних калориметрах типу «Січ» виробництва фірми «Р-ІОТ» (м. Запоріжжя). До складу лічильників входять: теплообчислювач мікропроцесорний, електронний, цифровий; датчик температури - 4 шт.; перетворювач витрати теплоносія - лічильник води з імпульсним датчиком - 4 шт.

Лічильник води вимірює витрату теплоносія у відповідному трубопроводі та надсилає імпульс на обчислювач тепла, а обчислювач тепла розраховує спожиту теплову енергію відповідно до числа імпульсів та різниці температур, визначеної датчиком тепла або встановленої програмним забезпеченням.

Теплообчислювач встановлений в захисній шафі з замком приміщення теплового уводу.

Відповідно до вимог чинних нормативних документів роботою передбачено встановлення локальних приладів індикації (термометрів та манометрів) у таких місцях: зворотньому мережевому трубопроводі «до» та «після» вузла обліку; подавальному мережевому трубопроводі «до» та «після» вузла обліку;

Для контролю за ступенем забруднення фільтра всі фільтри оснащені відбірним пристроєм.

Схемою передбачено регулювання споживання теплової енергії. Споживання теплової енергії регулюється за допомогою автоматичного регулятора РТЕ-ПН-0,3. Регулюючи кількість теплоносія, що циркулює в системі опалення, можна регулювати споживання теплової енергії відповідно до температури зовнішнього повітря. Кількість охолоджувальної рідини регулюється приводом 10 (електромоторним клапаном). Відповідно до сигналу датчика температури в контрольованому приміщенні та командного сигналу, що формується температурним пристроєм, відкривання каналу клапана збільшується або зменшується, а, отже, і потік охолодженого теплоносія збільшується або зменшується. Охолоджений теплоносій тече

через клапан. Електроживлення пристроїв автоматичного регулювання споживання теплової енергії забезпечується електромережею 220В системи живлення теплообчислювача та системи регулювання розподільника адміністративної будівлі.

Вузол автоматичного обліку та регулювання споживання теплової енергії розташований в існуючому автономному місці теплового вузла. Приміщення обладнане освітленням та опаленням, вентиляційною системою, є окремий вхід, що гарантує неможливість проникнення в приміщення сторонніх осіб. Працівники теплопостачального пункту можуть щоденно користуватися приладом автоматичного розрахунку та регулювання споживання теплової енергії в робочий час.

Використовуючи сучасне обладнання в даній роботі, можна визначити для кожного трубопроводу: загальну кількість теплової енергії, спожитої за певний період ( $MДж/Гкал$ ); миттєву витрату теплоносія ( $m^3/год$ ); температуру теплоносія ( $^{\circ}C$ ), згідно з інструкцією із експлуатації теплового лічильника, використовувати багаторівневе меню теплотлічильника та зберігати накопичені дані в пам'яті протягом 70 днів.

Теплова енергія, яка споживається системою опалення, визначається прямим зчитуванням спожитої теплової енергії (лічильник води на водопровідній трубі системи опалення) помноженим на показання теплового калькулятора та поправочний коефіцієнт.

### **3.4 Розрахунок витрати води для абонентського уводу**

Завданням розрахунку теплового уводу є визначення кількості мережевої води для кожної системи опалення споживача.

Для нашого випадку лише з одним тепловим навантаженням масова витрата води в мережі на введену користувачем теплову потужність буде визначатися за формулою [1, 2]:

$$W_o^P = \frac{Q}{t_2 - t_o}, \quad (3.1)$$

де  $W_o^P$  – розрахункова теплоємність масової витрати води в мережі трубопроводів  $кВт/°C$ ;

$t_2$  – розрахункова температура гарячої води у водопровідному теплопроводі,  $°C$  ( $t_2 = 95°C$ );

$t_o$  – розрахункова температура охолоджуючої води,  $°C$  ( $t_o = 70°C$ );

$Q$  – розрахункові тепловтрати на опалення ( $Q = 23,09$   $кВт$ , див. розділ 2),  $кВт$ .

Отже, використовуючи формулу (3.1), отримуємо:

$$W_o^P = \frac{23,09}{95 - 70} = 0,9236 \text{ } кВт/°C.$$

з іншого боку:

$$W_o^P = M \cdot C_в, \quad (3.2)$$

у цій формулі,  $C_в$  – теплоємність води ( $C_в = 4,19$   $кДж/(кг \cdot °C)$ );

$M$  – витрата теплового носія,  $кг/с$ .

Витрату теплоносія можна визначити за рівнянням (3.2):

$$M = \frac{W_o^P}{C_в} \quad (3.3)$$

Тобто:

$$M = \frac{0,9236}{4,19} = 0,22 \frac{кг}{с} = 792 \frac{кг}{год.} = 0,792 \frac{т}{год.} \approx 19 \frac{т}{добу}$$

Отже, значення витрати мережевої води для розробленої системи опалення споживача становить 19 тон за добу.

## **4 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ**

### **4.1 Аналіз екологічного стану ґрунтів ТзОВ «Крин»**

ТзОВ «Крин», Червоноградського району, Львівської області має у своєму розпорядженні 2730 га земельної площі, в тому числі 2525 га сільськогосподарських угідь, з них: ріллі – 2200 га; сіножаті – 280 га; водойм – 6 га; інших угідь 40 га і інших земель 205 га.

Рельєф місцевості на якій розміщене господарство, в основному, рівнинний частина сільськогосподарських угідь біля 14,5% (396 га), мають горбистий рельєф. Саме на цих сільськогосподарських угіддях ґрунти піддаються явно вираженій водній ерозії (утворилися яри довжиною від 50 до 400 м., шириною від 1,2 до 5 м., і глибиною, в середньому до 1,4м. На 28% земельної площі (682га) проведено меліорацію. Стан меліоративної мережі, за словами фахівців господарства, в задовільному стані, однак, при огляді відвідних меліоративних каналів, відмічено, що більша їх частина замулена, заросла бур'янами і чагарниками.

### **4.2 Аналіз екологічного стану водних ресурсів господарства**

В господарстві є в наявності 6 га водойм, з них: 3 ставки площею понад 5,2 га зариблені і використовуються для вирощування прісноводної риби. Решта – 2 водойми, загальною площею 0,8 га одна з яких розміщена близько заправної станції тракторів і автомобілів і використовується як пожежний запас води, в господарській діяльності не використовуються.

При огляді водойм відмічено, що зариблені ставки знаходяться в задовільному стані і в них не потрапляють забруднені води через їх далеке розміщення від можливих забруднювачів. У водойму, що розміщена біля заправної станції попадають паливо-мастильні матеріали, про що свідчить масляниста плівка на поверхні води.



### **4.3 Аналіз екологічного стану атмосферного повітря та зберігання і використання паливо-мастильних матеріалів**

В ТзОВ «Крин» нараховується 34 гусеничних і колісних трактори, 9 вантажних, 3 легкових і 3 спеціальних автомобілі, 6 зернозбиральних комбайнів та 5 самохідних сільськогосподарських машин. Вся ця мобільна техніка працює на органічному паливі (бензин, дизельне паливо) при згорянні якого у двигунах використовується кисень атмосферного повітря.

Біля 40% цієї техніки мають, на наш погляд, технічно несправні двигуни, бо під час роботи «димлять», а також, на майже 90% тракторів, відмічено витікання мастильних матеріалів на землю, що, звичайно, приводить до її забруднення.

На території господарства є одна заправна станція на території якої зберігаються усі паливо-мастильні матеріали. Паливо-мастильні матеріали, в основному, зберігаються у герметичній тарі, окрім консистентних мастил (солідол, літол і інші), які зберігаються у 150-200 літрових бочках без кришок. Відмічено, що при заправленні дизельним паливом тракторів, має місце розливу дизельного палива через несправність заправного пістолета.

Територія заправної станції огорожена, по периметру ділянки висаджені кущові насадження кущові насадження, але відсутній бетонний рівчак з приямками для вловлювання розмитих нафтопродуктів, що є, очевидно, і причиною забруднення розміщеної норму водойми.

### **4.4 Аналіз охорони рослинного і тваринного світу в господарстві**

В господарстві є ліси площею біля 50га. За станом лісу спостерігають двоє робітників-лісників. За їхніми словами, ліс знаходиться у задовільному стані, в ньому за потребою силами працівників ТзОВ періодично проводиться розчищення від чагарників і наслідків стихій, а також

проводиться насадження молодих дерев у місцях вирубування лісу для господарських потреб.

Що стосується захисту диких тварин і птахів, то тут відміченою не належну організацію роботи збиральних агрегатів в загінці – як правило їх спосіб руху здійснюють від периферії в центр поля, що не дає змоги диким звірям втікати з поля [18, 19]. Крім того, жоден збиральний агрегат не обладнаний відлякувальними пристроями.

#### **4.5 Пропозиції щодо покращення стану екології в господарстві**

В цілому в господарстві можна вважати стан охорони довкілля задовільний, але він був би ще кращий, якби господарство ліквідувало недоліки з виконанням наступних рекомендацій. Проте, ТзОВ «Крин» необхідно:

- провести роботи щодо усунення розвитку водної ерозії ґрунтів шляхом насадження на їх схилах земних насаджень та будівництва сповільнювачів швидкості руху дощових та талих вод; розчисти магістральні меліоративні канали від чагарників, замулення;
- забезпечити збереження гумусного шару орної землі шляхом внесення гноє- та торфокомпостів; виконати роботи на сінокосах і пасовищах провівши їх залуження, підсів насіння трав та підживлення;
- провести ремонт автотракторної техніки і самохідних сільськогосподарських машин з метою ліквідації «димлення» двигунів та витікання паливо-мастильних матеріалів; провести ремонт, або замінити заправний пістолет для заправлення дизпаливом; збудувати бетонний рівчак з приямками навколо складу і заправної станції;
- забезпечити способи руху збиральних агрегатів за схемою «від центру поля до периферії» і забезпечити всі збиральні агрегати відлякувальними пристроями.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Правила безпеки праці при обслуговуванні системи теплопостачання

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

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

В котельній повинне бути аварійне освітлення [20-22]:

- при площі більше  $250 \text{ м}^2$  – самостійним джерелом енергії;
- менше  $250 \text{ м}^2$  – переносними акумуляторами.

Нормальна і безпечна експлуатація котлів може бути забезпечена тільки в тому випадку, якщо справні запобіжні пристрої і контрольно-вимірювальна апаратура.

До обслуговування котлів допускають осіб не молодших 18 років, що пройшли медичний огляд і вивчених за встановленою для даної професії програмою після здачі іспиту. Перевіряти знання персоналу повторно повинна адміністрація підприємства не рідше одного разу на рік. В кожній котельній повинен бути вахтовий журнал, в якому старший по зміні зобов'язаний розписуватися про приїзд і здачу зміни, відзначати всі помічені недоліки в роботі котлів і іншого устаткування. При експлуатації парових котлів і теплових мереж необхідно дотримуватись заходів безпеки:

- до обслуговування парового котла, теплової мережі і теплових уводів (пунктів), допускаються особи, які мають допуск до обслуговування електроустановок напругою до 1000 Вт;

- територію обслуговування котла і обладнання уводів, пультів управління, комунікацій, арматури і т. п. повинні мати вільний доступ;
- трубопроводи водяної пари і гарячої води повинні бути тепло ізольовані (температура поверхні ізоляції не повинна перевищувати 45°C);
- забороняється експлуатація парового котла при тисках, що перевищують робочий тиск і температурах, що перевищують максимальну;
- забороняється проводити будь-які роботи на котлі, паропроводах, трубопроводах гарячої води і т. п. при діючій системі тепlopостачання;
- працювати дозволяється тільки справним і перевіреним інструментом в брезентовому костюмі (плащі), окулярах і брезентових (гумових) рукавицях;
- трубопроводи, які підлягають ремонту перед початком робіт повинні бути надійно відімкненими від діючих теплопроводів, котлоагрегатів, теплообмінників і інших установок, що знаходяться під тиском.

Заповнення теплової мережі гарячою водою з температурою вище 70°C не допускається. Температуру води в тепловій мережі і тепловому пункті при прогрівання трубопроводів необхідно підвищувати поступово і рівномірно зі швидкістю, що не перевищує 30°C на одну годину роботи тепломережі і теплотехнічного обладнання.

## 5.2 Розрахунок освітлення котельні

Освітлення приміщення може бути природне і штучне (електричне).

Ступінь природного освітлення характеризується коефіцієнтом  $K_{ок}$ , який показує відношення площі вікон до площі підлоги.

Визначимо площу вікон за формулою [20, 21]:

$$F_{ок} = F_n \cdot K_{ок}, \quad (5.1)$$

де  $F_{ок}$  – площа вікон,  $м^2$ ;

$F_n$  – площа підлоги,  $м^2$ ;

$K_{ок}$  – коефіцієнт природного освітлення (згідно [20]  $K_{ок} = 0,1$ ).

Отже, для котельні площею  $6,2 \times 4,5$  м загальна площа вікон буде становити:

$$F_{ок} = (6,2 \cdot 4,5) \cdot 0,1 = 2,79 \text{ м}^2$$

Число вікон, які необхідні для забезпечення природної освітленості визначимо за формулою [20-22]:

$$n = \frac{F_{ок}}{f_{ок}} \quad (5.2)$$

де  $n$  – число вікон, *шт.*

$f_{ок}$  – площа віконного проїому,  $м^2$  (згідно [14]  $f_{ок} = 1,92 \text{ м}^2$ ).

Кількість вікон для котельні буде становити:

$$n = \frac{2,79}{1,92} \approx 1,45 \text{ шт.}$$

Приймаємо 2 вікна.

Штучне освітлення виробничих приміщень і робочих місць здійснюють за допомогою спеціальних світильників з газорозрядними лампами або лампами розжарювання. Нормативними документами надається перевага з газорозрядним лампам низького і високого тисків (люмінесцентні, металогалогенні, натрієві, ксенонові) по відношенню до ламп розжарювання. Для котельні вибираємо світильник типу ПВЛМ з двома лампами ЛБР.

Визначимо розрахункову частину світлового потоку за формулою [20]:

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_{\min} \cdot k \cdot H}{\mu \cdot \sum e}, \quad (5.3)$$

де  $\Phi'$  – розрахункова густина світлового потоку,  $лм/м^2$ ;

$E_{\min}$  – мінімальна нормована освітленість,  $лк$  (згідно [20]  $E_{\min} = 75лк$ );

$k$  – коефіцієнт запасу (згідно [20]  $k = 1,5$ );

$H$  – висота підвішування ламп,  $m$  (згідно [20]  $H \geq 3 m$ );

$\mu$  – коефіцієнт додаткової освітленості (згідно [20]  $\mu = 1$ );

$\Sigma e$  – сума умовних освітленостей в контрольній точці,  $лк$ ;

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,5 \cdot 3}{1,0 \cdot 81} = 4166 \text{ лм/м}^2$$

Визначимо розрахунковий світловий потік лінії при її вмиканні за формулою [20]:

$$\Phi = \Phi' \cdot L, \quad (5.4)$$

де  $\Phi$  – розрахунковий світловий потік,  $лм$ ;

$L$  – довжина світло лінії,  $m$  ( $L = 5,5 m$ ).

$$\Phi = 4166 \cdot 5,5 = 22913 \text{ лм}$$

Визначимо необхідну кількість світильників за формулою [20]:

$$n_1 = \frac{\Phi}{\Phi_n \cdot n} \quad (5.5)$$

де  $n_1$  – необхідна кількість світильників в ряді,  $шт.$ ;

$\Phi_n$  – світловий потік лампи,  $лм$  (згідно [20]  $\Phi_n = 2480 \text{ лм}$ );

$n$  – кількість ламп у світильнику,  $шт.$  ( $n = 2$ ).

$$n_1 = \frac{22913}{2480 \cdot 2} \approx 4,62 \text{ шт.}$$

Отже, для штучного освітлення котельні необхідно 5 світильників типу ПВЛМ з двома лампами ЛБР в кожному.

### 5.3 Протипожежна профілактика

Для запобігання виникнення пожежі при обслуговуванні і ремонті теплових мереж і обладнання теплових пунктів забороняється:

– проводити ремонтні роботи з використанням газоелектрозварювальної апаратури в приміщенні теплового пункту без попередньої її вентиляції;

- проводити ремонтні роботи на газопроводах котельні без повного їх відключення і продування стиснутим повітрям або інертним газом;
- усувати нещільності газопроводів шляхом накладання хомутів;
- використовувати вибухонебезпечні лампи освітлення, а також інструменти при використанні яких може виникнути іскра в загазованих приміщеннях, оглядових колодязях тепломережі, траншеях, резервуарах, тощо;
- відігрівати газопроводи відкритим полум'ям для розморожування конденсату.

Під час роботи необхідно систематично стежити за справністю автоматичних пристроїв. Категорично забороняється при втраті води в казані нижче вогняної лінії здійснювати підживлення холодної води. При загорянні в газоходах незгорілого палива слід негайно припинити подачу палива в топку, зупинити димові вентилятори і димососи, перекрити газові і повітряні шибери і за допомогою видувного пристрою заповнити димар пором. Про всі несправності перед початком і в кінці зміни кочегари записують в котельну книгу.

Важливим завданням служби охорони праці в ТзОВ «Крин» є захист своїх працівників від масового отруєння, епідемій різних хвороб, пожеж, природних катаклізм і аномалій, стихійних лих, катастроф, вав рій і т. п.

Для запобігання і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій необхідно строго дотримуватись виконання системи заходів, що передбачені в господарстві. У випадку виникнення загрози та надзвичайної ситуації служба охорони праці та захисту населення повинна організувати евакуацію людей із небезпечної зони, забезпечити їх лікування та догляд, оголосити, в разі необхідності карантин, заборонити доступ по сторонніх в небезпечну зону, створити пропускні пункти, де передбачити дезинфекцію осіб і речей, що перебували у небезпечній зоні.

## 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Система теплопостачання об'єднує в собі котельню, тепломережу, тепловий увід та систему опалення. Техніко-економічний розрахунок виконаємо тільки для тих елементів системи на які будуть затрачені кошти господарства, тобто на проектування і будівництво теплової мережі та теплового уводу. Техніко-економічний розрахунок систем теплопостачання виконаємо за методикою, приведеною в [23].

Термін окупності капіталовкладень визначиться за формулою [23]:

$$T = K_{\text{кап}} / E_p, \quad (6.1)$$

де  $K_{\text{кап}}$  – капіталовкладення, *грн.*;  $E_p$  – економічна ефективність експлуатації системи теплопостачання (прибуток), *грн/рік*.

$$K_{\text{кап}} = B_{\text{тепл.}} + B_{\text{обл.}} + B_{\text{бюд.}}, \quad (6.2)$$

де  $B_{\text{тепл.}}$  – вартість теплопроводу, *тис.грн.*;  $B_{\text{обл.}}$  – вартість обладнання ІТП, *тис.грн.*;  $B_{\text{бюд.}}$  – вартість приміщення ІТП, *тис.грн.*

$$B_{\text{тепл.}} = v_{\text{тр.}} + v_{\text{обл.тр.}} + v_{\text{м.}} \quad (6.3)$$

де  $v_{\text{тр.}}$  – вартість трубопроводів тепломережі, *тис.грн.*;  $v_{\text{обл.тр.}}$  – вартість обладнання тепломережі, *тис.грн.*;  $v_{\text{м.}}$  – вартість монтажу, *тис.грн.*;

Відстань від котельні до адмінбудівлі становить 106 м. Вартість одного погонного метра ізолюваних труб тепломережі становить 288 *грн.*

$$v_{\text{тр.}} = (l_n + l_{\text{зв.}}) \cdot \Pi_{\text{п.м.}} \quad (6.4)$$

де  $l_n$  і  $l_{\text{зв.}}$  – відповідно довжини подавального і зворотного теплопроводів, м;  $\Pi_{\text{п.м.}}$  – вартість одного погонного метра труб, *грн./п.м.*

$$v_{\text{тр.}} = (106 + 106) \cdot 288 = 61056,0 \text{ грн.} \approx 61,1 \text{ тис.грн.}$$

В обладнання теплопроводів входять компенсатори, а також контрольно-вимірювальні прилади (термометри і манометри).

$$v_{\text{обл.тр.}} = \Pi_{\text{п.п.}} \cdot n_{\text{п.п.}} + \Pi_{\text{к.в.п.}} \cdot n_{\text{к.в.п.}} \quad (6.5)$$



де  $C_{n.n.}$  – ціна компенсаторів., грн.;  $n_{n.n.}$  – кількість компенсаторів, шт.;  $C_{к.в.п.}$  – вартість КВП, грн.;  $n_{к.в.п.}$  – кількість приладів КВП, шт.

$$v_{обл.тр.} = 1150 \cdot 3 + 212 \cdot 2 + 224 \cdot 2 = 4322 \text{ грн.} \approx 4,3 \text{ тис.грн.}$$

Вартість інсталяції тепломережі, згідно даних Радехівського БМУ становить біля 50 тис.грн. за один км мережі і визначиться за формулою:

$$v_{м.} = C_{п.м.} \cdot l_{м.} \quad (6.6)$$

де  $C_{п.м.}$  – вартість одного погонного кілометра тепломережі, тис.грн.;  $l_{м.}$  – довжина тепломережі, км.

$$v_{м.} = 50000 \cdot 0,106 = 5300 \text{ грн.} = 5,3 \text{ тис.грн.}$$

Загальна вартість обладнання ІТП, а також його монтажу за даними Радехівського теплоенерго становить 28 тис.грн. За (6.3) визначимо:

$$V_{тепл.} = 61,1 + 4,3 + 5,3 \approx 70,7 \text{ тис.грн.}$$

Вартість приміщення теплового пункту визначиться за формулою [23]:

$$B_{б\ddot{y}д} = C_{б\ddot{y}д.} \cdot V_{np} \quad (6.7)$$

де  $C_{б\ddot{y}д.}$  – вартість  $1\text{ м}^3$  будівлі, (за даними [23]  $C_{б\ddot{y}д.} = 1,2 \text{ тис.грн.}$ ), тис.грн.;  $V_{np}$  – об'єм приміщення теплового пункту,  $\text{м}^3$ ;

Згідно [10] приміщення ІТП матиме розміри  $1,5 \times 4,0 \text{ м}$  висотою  $2,5 \text{ м}$ .

$$V_{np} = (1,5 \cdot 4) \cdot 2,5 = 15 \text{ м}^3$$

$$B_{б\ddot{y}д} = 1,2 \cdot 15 \approx 18 \text{ тис.грн.}$$

Економічну ефективність експлуатації системи теплопостачання визначимо за формулою [23]

$$E_p = K_{зр} - C \quad (6.8)$$

де  $K_{зр}$  – сума грошових надходжень, тис.грн.;  $C$  – річна собівартість транспортування і розподілу теплоносія, тис.грн.

$$K_{зр} = F_{он.} \cdot C_{он.} \cdot n_{он.д.} \quad (6.9)$$

де  $F_{он.}$  – загальна опалювальна площа споживачі теплової енергії,  $\text{м}^2$ ;  $C_{он.}$  – вартість опалення  $1\text{ м}^2$  опалювальної площі, грн./( $\text{м}^2 \cdot \text{добу}$ ).  $n_{он.д.}$  – кількість днів опалювального сезону (для Львівської області згідно [15]  $n_{он.д.} = 211 \text{ д\ddot{i}б}$ ).

До тепломережі крім проектного будинку, буде приєднано ще 6 будівель сумарною опалювальною площею біля 1600 м<sup>2</sup>, а загальна опалювальна площа, яку буде обслуговувати проектна система теплопостачання буде становити біля 2100 м<sup>2</sup>.

Визначимо грошові надходження, скориставшись формулою (6.9):

$$K_{cp} = 2100 \cdot 0,49 \cdot 211 = 217119,0 \approx 217,1 \text{ тис.грн.}$$

Річну собівартість транспортування і розподілу теплоносія визначимо за формулою:

$$C = Z_{np} + Z_{непр.} + C_{сир}, \quad (6.10)$$

де  $Z_{np}$  – прямі затрати за рік, грн.;  $Z_{непр.}$  – непрямі затрати за рік, грн.;  $C_{сир}$  – вартість води, що циркулює в мережі, грн.

$$Z_{np} = (Q_{np} + E_n + A_{обл} + T_{обсл} + A_{бюд} + M_{обл}) \times K_{ин}. \quad (6.11)$$

де  $Q_{np}$  – річна заробітна плата працівників, грн.;  $E_n$  – річна вартість електроенергії, грн.;  $A_{обл}$  – амортизаційні відрахування на обладнання, грн.;  $T_{обсл}$  – затрати на технічне обслуговування, грн.;  $A_{бюд}$  – амортизаційні відрахування на будівлі, грн.;  $M_{обл}$  – затрати на монтаж обладнання, грн.;  $K_{ин}$  – коефіцієнт, що враховує інші прямі затрати (згідно [23]  $K_{ин} = 1,1$ ).

$$Q_{np} = N_{заг} \times Z_{сер.пр.}, \quad (6.12)$$

де  $N_{заг}$  – середньорічна кількість працівників, чол.;  $Z_{сер.пр.}$  – середньорічна зарплата працівників, грн..

$$Q_{np} = 1 \times 84000 = 84000 \text{ грн} = 84,0 \text{ тис.грн.}$$

Вартість витраченої електроенергії визначимо за формулою [23]:

$$E_n = W_{дооб} \times n_{роб.} \times C_e, \quad (6.13)$$

де  $W_{дооб}$  – добова потреба в електроенергії, кВт;  $n_{роб.}$  – кількість робочих змін в опалювальний сезон (633 зміни);  $C_e$  – вартість однієї кіловат-години, грн.

Добова витрата електроенергії на транспортування і розподіл теплоносія згідно даних котельні становить 32 кВт., отже:

$$E_n = 32 \times 211 \times 1,0 = 6752,0 \text{ грн.} \approx 6,8 \text{ тис.грн.}$$

Амортизаційні відрахування на обладнання визначається за [23].

$$A_{обл} = B_{обл} \times K_в, \quad (6.14)$$

де  $B_{обл}$  – вартість обладнання тепломережі і теплового пункту (згідно попередніх розрахунків  $B_{обл} = B_{менл.} = 70,7$  тис.грн.), тис.грн.;  $K_в$  – коефіцієнт амортизаційних відрахувань (Згідно [23] приймаємо  $K_в = 0,07$ ).

$$A_{обл} = 70,7 \times 0,07 \approx 4,9 \text{ тис.грн.}$$

Затрати на технічне обслуговування обладнання визначається із залежності [23]:

$$T_{обл} = 0,14 \times B_{обл} = 0,14 \times 70,7 \approx 9,9 \text{ тис.грн.} \quad (6.15)$$

Затрати на монтаж обладнання визначимо за формулою [23]:

$$M_{обл} = 0,2 \times B_{обл} = 0,2 \times 70,7 \approx 14,2 \text{ тис.грн.} \quad (6.16)$$

Амортизаційні витрати на утримання будівлі теплового пункту визначимо за формулою [23]:

$$A_{б\text{уд}} = B_{б\text{уд}} \times K_{в.б.}, \quad (6.17)$$

де  $K_{в.б.}$  – коефіцієнт амортизаційних відрахувань на будівлі ( $K_{в.б.} = 0,2$  [23])

$$A_{б\text{уд}} = 18 \times 0,2 = 3,6 \text{ тис.грн.}$$

Підставивши отримані результати у формулу (6.11), отримаємо:

$$Z_{пр} = (84,0 + 6,8 + 4,9 + 9,9 + 3,6 + 14,2) \times 1,1 \approx 135,8 \text{ тис.грн.}$$

Напрямі затрати визначаємо за формулою [23]:

$$Z_{непр} = Z_{пр} \times K_{заг.} \quad (6.18)$$

де  $K_{заг.}$  – коефіцієнт, що враховує загально цехові і загально виробничі затрати (згідно [23]  $K_{заг.} = 0,3...0,4$ )

$$Z_{непр} = 135,8 \times 0,35 \approx 47,5 \text{ тис.грн.}$$

Згідно даних котельні, вартість  $1\text{ м}^3$  води становить  $0,02$  тис. грн. Приблизна кількість води для заповнення всієї системи тепlopостачання буде становити  $135$  т. Отже, вартість мереженої води буде становити:

$$C_{сир} = 0,02 \cdot 135 = 2,7 \text{ тис.грн.}$$

Підставивши отримані результати розрахунків у формулу (6.10) отримаємо річну собівартість транспортування і розподілу теплоносія.

$$C = 135,8 + 47,5 + 2,7 = 186,0 \text{ тис.грн.}$$

Прибуток з експлуатації тепломережі і теплового пункту визначимо за формулою (6.8):

$$E_p = 217,1 - 186,0 = 31,1 \text{ тис.грн.}$$

Термін окупності визначаємо за формулою (6.1):

$$T = 116,7 / 31,1 = 3,75 \text{ року}$$

Рівень рентабельності буде становити:

$$P_p = (E_p / C) \times 100 = (31,1 / 186,0) \times 100 \approx 16,7 \%$$

Отримані основні розрахункові дані заносимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Техніко-економічні показники експлуатації системи теплопостачання

Показники	Позначення	Одиниці виміру	Значення
Площа опалення	$F_{оп.}$	$m^2$	2100
Вартість опалення	$\underline{Ц}_{оп.}$	грн. ( $m^2 \cdot \text{добу}$ )	0,49
Тривалість опалювального сезону	$n_{оп. \text{дiб}}$	доба	211
Грошові надходження	$K_{гр.}$	тис. грн.	217,1
Капітальні затрати	$K_{кап.}$	тис. грн.	116,7
Собівартість транспортування і розподілу теплоносія	$C$	тис. грн.	186,00
Прибуток	$E_p.$	тис. грн.	31,1
Термін окупності	$T$	роки	3,75
Рівень рентабельності	$P_p.$	%	16,7

Таким чином, транспортування і розподіл теплоносія для споживачів теплової енергії економічно вигідне, бо при капітальних затратах в сумі 116,7 тис.грн. буде отримано річний прибуток в сумі 31,1 тис.грн. Термін окупності буде становити 3,75 року (що є в межах норми для такого типу комунікацій) при рівні рентабельності 16,7%.

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Для забезпечення опалення адміністративно-виробничих приміщень, ТОВ «Крин» має власну котельню, обладнану паровим котлом ММЗ достатньої потужності. Теплоносій (гаряча вода та пара), вироблений котельнею, застосовують як у виробничому процесі, так й для теплозабезпечення будівель та споруд підприємства.

Поруч з котельнею, за кошти підприємства розпочато будівництво шести двоповерхових адміністративно-виробничих будівель. Проведені розрахунки та розробки кваліфікаційної роботи дають можливість стверджувати доцільність приєднання цього комплексу будівель до власної теплогенеруючої установки.

Зокрема, проведено розрахунки тепловтрат будівлею, вибрано систему опалення, проведено розрахунки нагрівальних приладів та гідравлічний розрахунок системи опалення. Дано огляд існуючих схем теплових уводів для водяного опалення, запропоновано схему та обґрунтовано параметри теплового уводу, де передбачено автоматизоване регулювання кількості теплоносія та автоматизований облік спожитої теплової енергії.

Це завдання може бути виконано при будівництві тепловмереж і індивідуальних теплових уводів. Для цього необхідно придбати матеріали та обладнання, на суму 98,7 тис.грн. Капітальні інвестиції та будівництво теплового пункту обійдуться у 18 тис.грн.

Розрахунок техніко-економічних параметрів розробок кваліфікаційної роботи показує, що капітальні витрати становитимуть 116700 грн. При цьому, лише від експлуатації добудованої тепловмережі господарство отримуватиме прибуток 31,1 тис.грн. на рік. Рівень рентабельності становитиме 16,7 %, термін окупності капітальних вкладень – 3,75 року.

## 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, 1991. 736 с.
3. Гольстрем В, А., Кузнецов Ю. Л. Довідник з економії паливно-енергетичних ресурсів. К.: Техніка, 2005. 383 с.
4. Гряник Г.М., Лахман С.Д., Будко Д.А. Охорона праці. К.: Урожай, 1994. 272 с.
5. 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.
6. ДСТУ 2155-93 "Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню".
7. Енергетична стратегія України до 2030 року. Проект. Київ 2012.
8. Жуковский С.С., Лабай В.Й. Системи енергопостачання і забезпечення мікроклімату будинків та споруд: Навчальний посібник для ВЗО. Львів: Астрономо-геодезичне товариство, 2009. 259с.
9. Каталог фірми "UNIVERSA". HEIZSYSTEME. Системи опалення. Відень, 2020, 158 с.
10. Кірюшатов А.І. Теплофікація у сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1986. 191с.
11. Ковальський Чеслав. Котли газові для центрального опалення. Варшава: WNT, 1994. 325 с.
12. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль. Підручники і посібники, 2011. 975 с.
13. Курсове проектування з теплотехніки та застосування теплоти в сільському господарстві. Под. ред. Драганова Б.Х. К.: Урожай, 2008, 176 с.

14. Луценков В.Л., Бутков Д.А., Воїнов М.Т. Критерії оцінки виробничих небезпек. Сімферополь. Бізнес-Інформ, 2006, 224с.
15. Мацибора В.І.. Економіка сільського господарства. К.: Вища школа, 1994. 258 с.
16. Мировський Адольф, Матеріали для проектування. Viessmann, 2008. 208 с.
17. Орлов К.С. Санітарно-технічне обладнання сільських будівель: Підручник. К.: Урожай, 2007. 237 с.
18. Павчак В.А. Економіка сільського господарства. Львів, 1996. 271с.
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.