

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

**«РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ З УДОСКОНАЛЕННЯМ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ НАРГІВОМ ВОДИ.»**

Виконав: студент IV курсу

групи Ен – 41 спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

_____ Мазурок Є.М.

Керівник: _____ Михалюк М.А.

Рецензент: _____ Тригуба А.М.

ДУБЛЯНИ 2024

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Сиротюк С.В.
(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ____ ” _____ 202__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Мазурок Євгену Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи водопостачання з удосконаленням електричної схеми управління нагрівом води»

керівник роботи к.т.н., в.о доцента Михалюк М.А.

(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НУП 641/к-с від .27.11.2023 р.

2. Строк подання студентом роботи 16.06.2024 р.

3. Вихідні дані технічна документація, науково-технічна і довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1 Вихідні дані та обґрунтування кваліфікаційної роботи

2 Розрахунок та вибір водогінної мережі

3 Вибір устаткування та організація електричної схеми управління нагрівом

4 Охорона праці та довкілля

5 Організаційно-економічна частина

ВисновкиПерелік джерел посилання

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

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти розділів

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | | Відмітка про виконання |
|--------|---|----------------|------------------|------------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв | |
| 4 | Городецький І. М., к.т.н., доцент | | | |

7. Дата видачі завдання 27.11.23 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1 | <i>Виконання аналізу вихідних даних для проектування та здійснення обґрунтування актуальності кваліфікаційної роботи</i> | 30.12.2023 – 31.01.2024 | |
| 2 | <i>Розрахунок водогінної, вибір обладнання та обґрунтування первинної схеми водопостачання</i> | 1.02.2024 – 17.03.2024 | |
| 3 | <i>Вибір електричного устаткування та організація системи регулювання</i> | 20.03.2024 – 21.04.2024 | |
| 4 | <i>Виконання структурно-функціонального аналізу процесу та розробка моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій</i> | 24.05.2024 – 5.05.2024 | |
| 5 | <i>Вивчення питання охорони довкілля та здійснення техніко-економічної оцінки прийнятих рішень</i> | 8.05.2024 – 19.05.2024 | |
| 6 | <i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i> | 22.05.2024 – 2.06.2024 | |
| 7 | <i>Завершення роботи в цілому</i> | 5.06.2024 – 16.05.2024 | |

Студент

Мазурок Є.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Михалюк М.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| УДК | |
| Вступ. | |
| 1. Огляд систем гарячого водопостачання | 7 |
| 1.1 Призначення системи гарячого водопостачання та її складові | 7 |
| 1.2 Етапи проектування систем гарячого водопостачання | 8 |
| 1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи | 10 |
| 2. Розрахунок та вибір водогінної мережі | 11 |
| 2.1 Визначення потреби у гарячій воді | 11 |
| 2.2 Оцінка кількості та розташування точок споживання гарячої води | 12 |
| 2.3 Аналіз існуючих інженерних мереж та інфраструктури виробничого приміщення | 14 |
| 2.4 Вибір типу джерела тепла для системи гарячого водопостачання | 16 |
| 2.5 Вибір джерела тепла для проектного виробничого приміщення | 20 |
| 3. Тепловий розрахунок системи гарячого водопостачання | 22 |
| 3.1 Розрахунок основних параметрів | 22 |
| 3.2 Варіанти систем теплообміну | 23 |
| 3.3 Гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання | 29 |
| 3.4 Вибір схеми нагріву | 30 |
| 4. Охорона праці та довкілля | 37 |
| 4.1 Розрахунок захисту від блискавки | 37 |
| 4.2 Електробезпека та розрахунок освітлення в приміщенні | 38 |
| 4.3 Охорона довкілля | 42 |
| 5. Розрахунок техніко-економічних показників системи гарячого водопостачання | 43 |
| Висновки та пропозиції | |
| Перелік джерел посилань | |

УДК 628.075.8

Мазурок Є.М. «Розробка системи водопостачання з удосконаленням електричної схеми управління нагрівом води». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 48 с. текстової частини, 12 таблиці, 7 рисунків, 20 джерел посилання.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка проєктних рішень організації гарячого водопостачання виробничих приміщень.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі **завдання**: здійснити аналіз вихідних даних для проєктування; здійснити обчислення навантажень та витрати води мережею гарячого водопостачання; розробити та обґрунтувати схему управління роботою системи нагріву та вибрати устаткування; здійснити техніко-економічні розрахунки.

Проведено огляд та дана характеристика системи водопостачання виробничих приміщень. Обґрунтована актуальність кваліфікаційної роботи та вибрана її тема. Проведено обчислення навантажень та витрати гарячої води системою водопостачання. Запропоновано схему системи гарячого водопостачання та проведений її розрахунок. Визначена максимальна добова потреба гарячої води у режимах максимального водоспоживання, розраховано та вибрано устаткування системи гарячого водопостачання. Проаналізовано процес формування та виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій під час ремонту та монтажу устаткування систем водопостачання. Здійснено планування основного виробництва, витрат на технічне обслуговування водопровідних мереж та прибутку підприємства від експлуатації проєктованої системи гарячого водопостачання.

Ключові слова: проєктування, гаряче водопостачання, водонагрівач, управління, теплота, витрата.

ВСТУП

Системи водопостачання – це комплекс споруд, призначених для видобування, очищення, зберігання, транспортування та подачі води до місця споживання з необхідним напором. Процес постачання води споживачам має велике значення, адже від нього залежить рівень захисту населення від різних водонебезпечних захворювань. Безперебійну подачу води забезпечують централізовані водопровідні мережі, до складу яких входять водогони. Подача необхідної кількості води населенню є важливим показником благоустрою населеного пункту.

Зростання водоспоживання через розвиток промисловості та покращення благоустрою населених пунктів вимагає нових рішень для поліпшення якості води, її подачі та розподілу. Важливим завданням є охорона навколишнього середовища та раціональне використання водних ресурсів. Системний підхід до управління водними ресурсами, враховуючи інтереси як споживачів, так і водоканалів, дозволить підвищити ефективність роботи існуючих систем водопостачання та сприяти будівництву нових.

Система водопостачання є невід'ємною частиною інфраструктури як великих, так і малих міст. Вона повинна відповідати вимогам надійності та економічності. Одним з методів зниження витрат у системах водопостачання є техніко-економічний аналіз роботи мережі.

1 ОГЛЯД СИСТЕМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.1 Призначення системи гарячого водопостачання та її складові

Система гарячого водопостачання виробничого приміщення призначена для забезпечення робочих та технологічних процесів гарячою водою. Вона включає кілька основних елементів та етапів. Основне джерело тепла – це котельня. Генерація тепла здійснюється за допомогою котлів, які можуть працювати на газі, мазуті, електриці або інших видах палива. До складу системи гарячого водопостачання входить тепловий пункт. Він може отримувати тепло від центральної теплової мережі або промислового котельного обладнання.

Водонагрівачі. Проточні водонагрівачі нагрівають воду під час її проходження через нагрівальний елемент, забезпечуючи негайну подачу гарячої води. Ємнісні водонагрівачі мають резервуари для накопичення гарячої води, що дозволяє забезпечити постійну наявність певного об'єму гарячої води для пікових потреб.

Система трубопроводів призначена подавати гарячу воду від джерела тепла до споживачів. Розподільчі мережі - забезпечують транспортування гарячої води по всьому виробничому приміщенню.

Теплоізоляція мережі гарячого водопостачання призначена для мінімізації теплових втрат. Трубопроводи системи гарячого водопостачання мають бути ізольовані спеціальними матеріалами.

Циркуляційні насоси забезпечують постійний рух гарячої води по системі, запобігаючи охолодженню води в трубах та забезпечуючи швидку подачу гарячої води до точок споживання.

Системи контролю та автоматизації – це термостати і датчики температури. Вони контролюють і регулюють температуру гарячої води. Автоматичні регулятори забезпечують оптимальну роботу системи, враховуючи змінні потреби виробництва.

Резервуари і баки використовуються для зберігання гарячої води, що забезпечує резерв для використання у разі підвищених потреб або аварійних

ситуацій. Системи очищення води слугують для забезпечення якості гарячої води, можуть використовуватись фільтри та системи водопідготовки, які видаляють механічні домішки, знижують жорсткість води та запобігають утворенню накипу.

Система гарячого водопостачання виробничого приміщення повинна бути ретельно спроектована з урахуванням специфіки виробництва, обсягів споживання гарячої води, наявних джерел тепла та вимог до енергозбереження. Вона має забезпечувати безперебійне постачання гарячої води необхідної температури та обсягу, відповідати вимогам безпеки та економічності.

1.2 Етапи проектування систем гарячого водопостачання

Проектування системи гарячого водопостачання виробничих приміщень включає кілька ключових етапів, а саме:

2. аналіз вимог та збір вихідних даних:

- визначення потреб виробництва в гарячій воді;
- оцінка кількості та розташування точок споживання гарячої води;
- аналіз існуючих інженерних мереж та інфраструктури приміщення;
- врахування санітарно-гігієнічних норм та правил.

2. Розробка концепції системи:

- вибір типу джерела тепла (котельня, централізоване тепlopостачання тощо);
- визначення принципової схеми системи гарячого водопостачання (проточна чи ємнісна система).

3. Розрахунки:

- розрахунок потреби у гарячій воді для кожної точки споживання;
- визначення необхідної потужності джерела тепла;
- гідравлічний розрахунок трубопроводів;
- розрахунок теплових втрат у системі та вибір теплоізоляційних матеріалів.

4. Вибір обладнання:

- вибір водонагрівачів, циркуляційних насосів, теплообмінників, фільтрів та іншого необхідного обладнання;
 - вибір матеріалів для трубопроводів та фітингів.
5. Розробка технічної документації:
- створення планів розташування обладнання та трубопроводів;
 - розробка монтажних схем і креслень;
 - підготовка специфікацій на обладнання та матеріали.
6. Проектування системи автоматизації та контролю:
- вибір і розміщення датчиків температури та тиску.
 - розробка схем автоматичного регулювання та контролю системи.
7. Розробка заходів з безпеки та охорони навколишнього середовища:
- врахування вимог пожежної безпеки;
 - проектування систем захисту від перевищення тиску та температури;
 - розробка заходів з економії енергії та водних ресурсів.
8. Узгодження проекту та отримання дозволів:
- узгодження проекту з відповідними органами та службами;
 - отримання необхідних дозволів та погоджень.
9. Організація монтажних робіт:
- -підготовка детального плану виконання монтажних робіт;
 - координація робіт з іншими інженерними системами приміщення.
10. Пусконаладжувальні роботи:
- перевірка системи на герметичність;
 - налагодження роботи обладнання та системи автоматизації;
 - проведення випробувань на працездатність і надійність.
11. Навчання персоналу та здача в експлуатацію:
- навчання обслуговуючого персоналу правилам експлуатації та обслуговування системи;
 - складання актів приймання та здача системи в експлуатацію.

12. Експлуатація та технічне обслуговування:

- регулярне технічне обслуговування системи;
- моніторинг роботи системи та усунення можливих несправностей.

Ці етапи забезпечують комплексний підхід до проектування системи гарячого водопостачання, що гарантує її ефективність, надійність та відповідність усім вимогам і стандартам.

2.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Провівши аналіз стану систем гарячого водопостачання виробничих приміщень для забезпечення комфортних умови праці персоналу дає можливість зробити висновок, що затрати грошових коштів на покриття витрат гарячого водопостачання є великими. Очевидним, що постає необхідність заміни системи гарячого водопостачання та її повної реконструкції.

Тема кваліфікаційної роботи сформульована у такій редакції: " Розробка системи водопостачання з удосконаленням електричної схеми управління нагрівом води."

2 РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ВОДОГІННОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Визначення потреби у гарячій воді

Для визначення потреб виробництва в гарячій воді, потрібно врахувати потреби як працівників, так і виробничих процесів. Розрахунок проводиться наступним чином:

1. Визначення потреб працівників. Згідно з нормами, одній людині на зміну потрібно певна кількість гарячої води для гігієнічних потреб (миття рук, умивання, душ тощо). Зазвичай, на одну особу приймають 15-30 літрів гарячої води на день (зміна). Припустимо, беремо середнє значення - 20 літрів на особу за зміну:

$$Q_p = n \cdot q_{зм} = 10 \cdot 20 = 200 \text{ л/зм} \quad (2.1)$$

де q_n - потреба гарячої води на особу за зміну, n – кількість працівників у зміну.

2. Визначення виробничих потреб:

Виробничі процеси потребують 160 літрів гарячої води на годину. Якщо виробництво працює 8 годин у зміну, загальна потреба води для виробничих процесів буде:

$$Q_{\text{вир}} = n \cdot q_{\text{вир}}^{\text{зм}} = 8 \cdot 160 = 1280 \text{ л/зм} \quad (2.2)$$

де, n – тривалість зміни, год; $q_{\text{вир}}^{\text{зм}}$ – годинна потребу у гарячій воді на виробничі потреби.

3. Загальна потреба в гарячій воді:

Складаючи обидві потреби разом, отримуємо загальну кількість гарячої води на зміну:

$$Q_{\text{заг}} = Q_p + Q_{\text{вир}} = 200 + 1280 = 1480 \text{ л/зм} \quad (2.3)$$

Таким чином, для забезпечення гарячою водою 10 працівників і задоволення виробничих потреб (160 літрів на годину) протягом 8-годинної зміни, необхідно мати систему, що може забезпечити 1480 літрів гарячої води на зміну.

2.2 Оцінка кількості та розташування точок споживання гарячої

води

У виробничому приміщенні для 10 працюючих у зміну, потрібно врахувати гігієнічні та виробничі потреби.

2.2.1 Визначення потреб працівників. Працівникам зазвичай потрібні точки водорозбору для наступних потреб:

- -умивальники для миття рук;
- душові (якщо необхідно для гігієни після роботи);
- можливість приготування їжі або чаю, кухонні раковини (для миття посуду).

Кількість точок для працівників:

- умивальники, мінімум 2-3 умивальники для миття рук (в залежності від типу виробництва);
- душові, якщо є потреба у прийнятті душу після роботи, мінімум 1-2 душові кабінки;
- кухонна раковина 1 штука.

Розташування точок водорозбору для працівників:

- Умивальники розміщуються в санітарно-гігієнічних зонах поблизу робочих місць або в туалетних кімнатах;
- душові розташовуються у санітарних зонах, окремо від робочих приміщень;
- Кухонні раковини розташовуються у приміщенні для прийому їжі або в кухонній зоні.

2.2.2 Визначення виробничих потреб

Для виробничих процесів, що потребують гарячу воду, необхідно визначити кількість та розташування точок споживання відповідно до технологічного процесу. Кількість точок для виробничих потреб:

- кількість виробничих ванн залежить від кількості робочих зон, у нашому випадку мінімум 2-3 точки;
- спеціальні установки/обладнання, залежно від специфіки виробництва, також можуть бути додаткові точки для технологічного обладнання, що потребує гарячу воду.

Розташування точок для виробничих потреб:

- виробничі ванни розміщуються в робочих зонах, де найчастіше потрібна гаряча вода у технологічному процесі.
- спеціальні установки розташовуються поруч з обладнанням, що потребує гарячу воду для технологічних процесів.

Приклад розташування точок споживання:

1. Санітарно-гігієнічна зона (біля входу/виходу з виробничого приміщення):

- 2 умивальники для рук;
- 1 душова кабіна (якщо потрібна);
- 1 кухонна раковина.

2. Робоча зона 1:

- 1 умивальник для рук;
- 1 точка для технологічного обладнання.

3. Робоча зона 2:

- 1 умивальник для рук;
- 1 точка для технологічного обладнання.

Загальна оцінка:

- умивальники для рук 4-5 точок;
- душові 1-2 точки (якщо потрібно);
- кухонна раковина 1 точка;
- точки для технологічного обладнання 3-4 штуки.

Підсумок. Загальна кількість точок споживання гарячої води буде приблизно 9-12 точок, враховуючи потреби як працівників, так і виробничих

процесів. Це забезпечить належний комфорт та ефективність роботи у виробничому приміщенні.

2.3 Аналіз існуючих інженерних мереж та інфраструктури виробничого приміщення

Для проведення аналізу існуючих інженерних мереж та інфраструктури виробничого приміщення, потрібно розглянути кілька ключових аспектів. Джерело водопостачання, визначити звідки надходить вода (централізоване водопостачання, свердловина, резервуар тощо). Перевірити, чи достатній тиск для забезпечення гарячою водою всіх точок споживання. Пропускна здатність мережі гарячого водопостачання оцінюється за діаметром і станом труб, їх здатність транспортувати необхідний об'єм води.

Стан каналізаційної системи перевіряють, чи здатна існуюча система справлятися з обсягами стічних вод, особливо після встановлення нових точок водоспоживання. Підключення до міської каналізації дає можливість підключення локальних очисних споруд.

Електропостачання -це потужність електричних мереж, можливість системи забезпечити роботу водонагрівачів та циркуляційних насосів. Розподільчі щити та кабелі, необхідно перевірити стан і відповідність вимогам техніки безпеки.

Стан системи опалення визначається для того, щоб мати уяву чи можна використовувати існуючу систему для потреб гарячого водопостачання (наприклад, через теплообмінники). Оцінити, чи достатня вентиляція у приміщеннях, де встановлюються водонагрівачі та інше обладнання, щоб запобігти перегріванню та забезпечити безпеку.

Приміщення аналізується на предмет визначення можливості для встановлення водонагрівачів та іншого обладнання. Особливу увагу приділяють питанню зручності доступу до обладнання для його обслуговування та ремонту.

Інфраструктура та планування приміщень включає оцінку наявності та розташування туалетів, душових і кухонних зон, які потребують гарячу воду.

Виначення відстає між точками споживання, та оптимального розташування точок споживання для мінімізації втрат тепла та забезпечення ефективного водопостачання.

Під час ознайомлення з технічною документацією слід звернути особливу увагу на існуючі системи водопостачання, водовідведення, електропостачання, опалення та вентиляції. Провести вимірювання тиску води, об'ємів споживання, пропускної здатності труб та електричних навантажень. Оцінити стан і діаметр труб, стан фітингів та з'єднань.

Для досягнення оптимальних результатів рекомендується провести консультація з фахівцями, залучити інженерів та технічних фахівців для детальної оцінки стану мереж та інфраструктури. Після складання детального звіту з висновками про стан існуючих інженерних мереж та рекомендаціями щодо необхідних модернізацій або заміни приймається рішення про доцільність проведення реконструкції та модернізації системи гарячого водопостачання.

Провівши аналіз існуючої системи водопостачання виробничих приміщень можемо зробити наступні висновки:

1. Водопостачання централізоване, тиску мережі 4 бари (достатньо для всіх точок споживання). Пропускна здатність мережі діаметром труб 25 мм достатня, стан трубопроводів задовільний, потребує заміни в окремих ділянках.

2. Стан каналізації задовільний, але потребує модернізації в окремих зонах. Підключення до міської каналізації, без потреби в додаткових очисних спорудах.

3. Електропостачання потужністю 30 кВт (достатньо для водонагрівачів та насосів), розподільчі щити перебувають у доброму стані, потребують додаткових автоматичних вимикачів.

4. Стан системи опалення задовільний, система працює стабільно, є можливість підключення теплообмінників. Вентиляція достатня для запобігання перегріву.

5. Приміщення має окреме приміщення для встановлення водонагрівачів, забезпечений зручний доступ для обслуговування.

Після проведення такого аналізу приймаємо рішення для модернізації існуючих систем та встановлення нових, щоб забезпечити ефективне гаряче водопостачання виробничого приміщення.

2.4 Вибір типу джерела тепла для системи гарячого водопостачання

Вибір типу джерела тепла для системи гарячого водопостачання виробничого приміщення залежить від кількох ключових факторів, включаючи потреби у гарячій воді, наявність ресурсів, економічні обґрунтування та екологічні вимоги.

Основні типи джерел тепла та їх аналіз:

1. Електричні водонагрівачі. Переваги:

- -легкість встановлення та експлуатації;
- можливість точного регулювання температури води;
- відсутність необхідності в димарях та вентиляційних системах;
- відносно низькі початкові витрати на обладнання.

До недоліків слід віднести:

- високі експлуатаційні витрати через вартість електроенергії;
- обмежена потужність, що може не відповідати великим обсягам споживання.

Придатність: підходять для малих і середніх виробничих приміщень з невеликими потребами в гарячій воді.

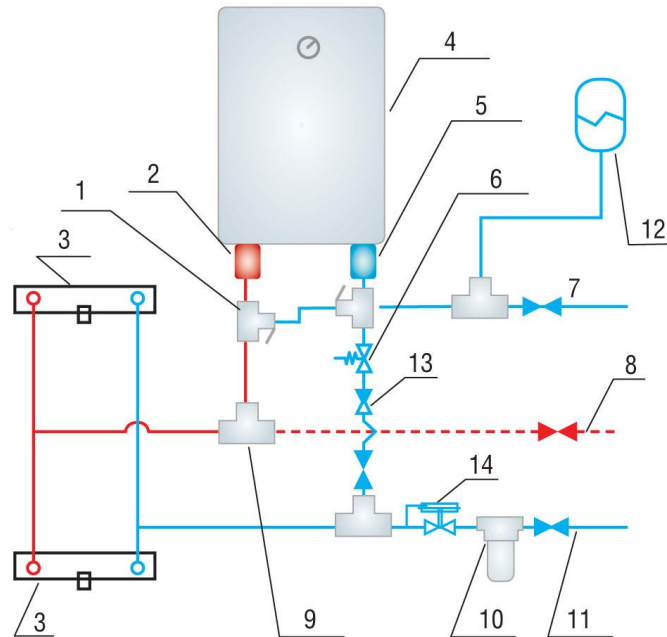


Рисунок 2.3 – Схема системи гарячого водопостачання з використанням електричного водонагрівача

1 – клапан змішувальний термостатичний; 2 – патрубок виходу гарячої води; 3 – змішувачі; 4 – водонагрівач електричний; 5 – вхід водопровідної води; 6 – клапан запобіжний; 7 – злив вод; 8 – трубопровід системи ГВП; 9 – трійник перемикач індивідуального ГВС та централізованого; 10 – фільтр очищення ХВП; 11 – трубопровід ХВП; 12 – розширювальний бак

2. Газові водонагрівачі. До основних переваг можна віднести:

- низька вартість експлуатації за рахунок відносно дешевої вартості газу;
- висока потужність та продуктивність;
- можливість швидкого нагріву великих об'ємів води.

Недоліки:

- необхідність встановлення димарів та вентиляційних систем;
- вимоги до забезпечення безпеки (газові детектори, контроль витоків).

Придатність: ідеальні для середніх та великих виробничих приміщень з постійними потребами в гарячій воді.

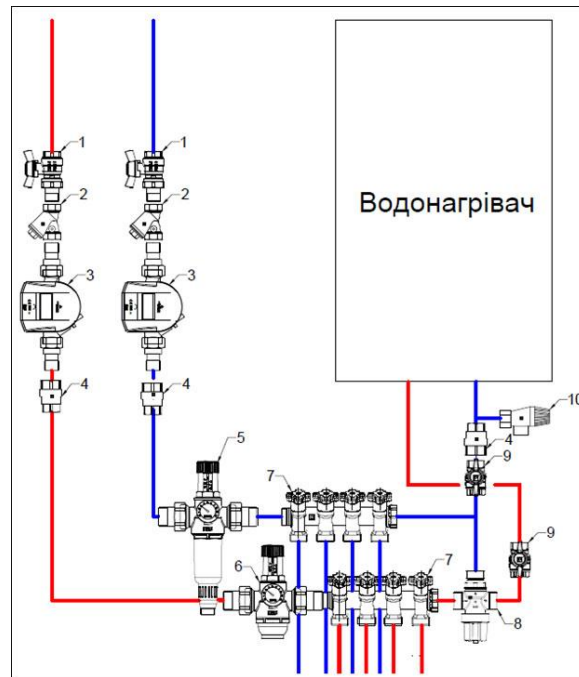


Рисунок 2.4 – Схема системи гарячого водопостачання з використанням газового водонагрівача

1,9 - кран кульовий; 2. - фільтр; 3. - лічильник; 4. - клапан зворотний; 5. - редуктор мембранний для холодної води; 6. - редуктор мембранний для гарячої води; 7. - Гребінка; 8. - клапан термозмішувальний; 10. клапан запобіжний системи водопостачання.

3. Твердопаливні котли. Переваги:

- низька вартість палива (дрова, вугілля);
- можливість автономної роботи в разі відсутності доступу до газу або електрики.

Недоліки:

- високі експлуатаційні витрати на обслуговування.
- потреба в зберіганні та транспортуванні палива.
- необхідність димарів та регулярного очищення системи.

Придатність: підходять для віддалених виробничих приміщень або за відсутності доступу до інших джерел енергії.

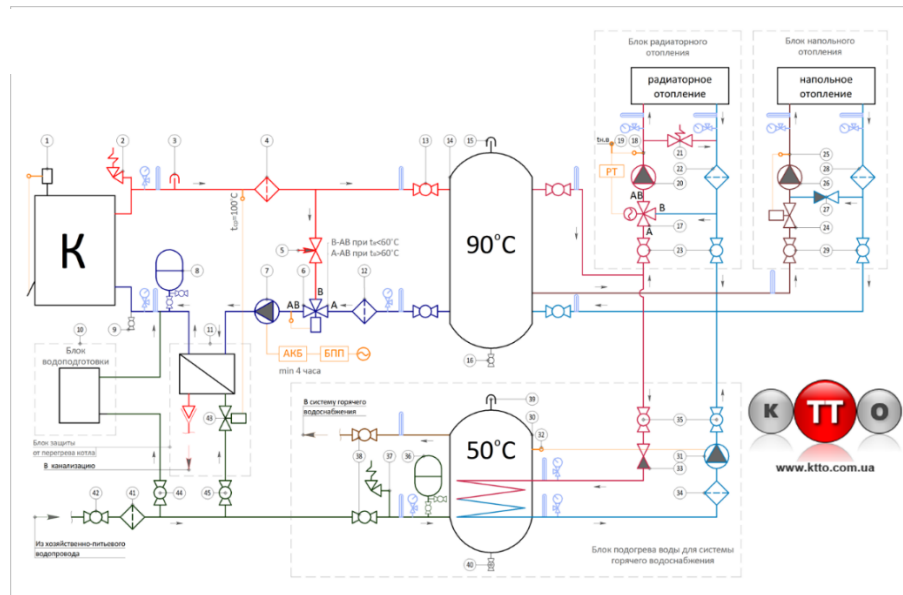


Рисунок 2.4 – Схема системи гарячого водопостачання з використанням твердопаливного котла

4. Сонячні колектори. Переваги:

- використання відновлюваних джерел енергії;
- низькі експлуатаційні витрати;
- екологічна безпека.

Основні недоліки пов'язані з:

- високі початкові витрати на встановлення;
- залежність від погодних умов;
- потреба в резервному джерелі тепла для забезпечення безперервної роботи.

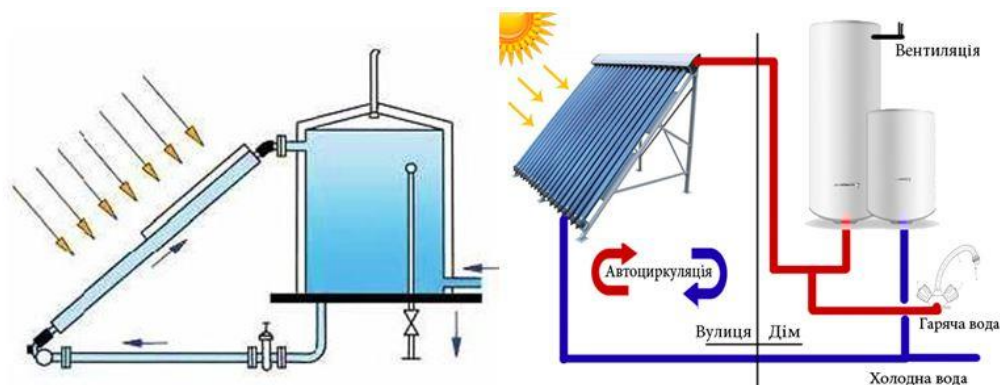


Рисунок 2.5 – Схема системи гарячого водопостачання з використанням сонячного колектора

Придатність:

- підходять для приміщень з низькими та середніми потребами в гарячій воді, особливо в районах з високою інсоляцією.

5. Теплові насоси. Переваги:

- висока енергоефективність;
- можливість використання як для нагріву води, так і для опалення приміщень;
- низькі експлуатаційні витрати.

Недоліки:

- високі початкові витрати на встановлення;
- залежність від електроенергії.

Придатність: - ідеальні для великих виробничих приміщень з постійними потребами в гарячій воді та опаленні.

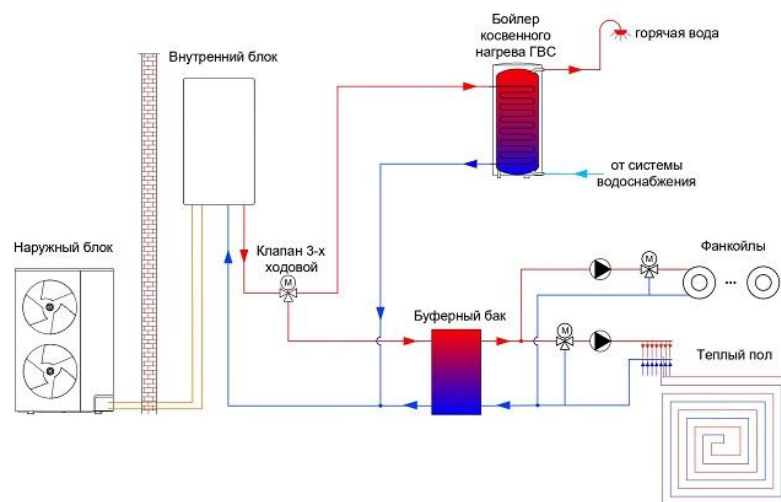


Рисунок 2.6 – Схема системи гарячого водопостачання з використанням теплової помпи

2.5 Вибір джерела тепла для проєктного виробничого приміщення

1. Після проведення оцінки потреб виробництва з урахуванням кількості працюючих (10 працюючих у зміну), годинної витрати гарячої води на виробничі потреби (160 л.) та загальної добової потреби (з урахуванням змін 1480 л.) можна зробити висновок про доцільність вибору того чи іншого виду джерела енергії.

Основним фактором при виборі джерела тепла є наявність ресурсів, зокрема:

- наявність газової мережі;
- вартість електроенергії та газу;
- можливості встановлення димарів та вентиляції;
- доступ до відновлюваних джерел енергії.

Економічна обґрунтованість вибору того чи іншого джерела теплової енергії полягає у розрахунку початкові витрати на встановлення, експлуатаційні витрати та тривалість окупності.

Зважаючи на не великі потреби в гарячій воді та наявність газової мережі, газовий водонагрівач є оптимальним вибором. Він забезпечить високу продуктивність і низькі експлуатаційні витрати, вимагає встановлення димарів та системи безпеки, але ці витрати компенсуються економією на паливі.

Альтернативним джерелом теплової енергії може бути тепловий насос. Якщо пріоритетом є висока енергоефективність та можливість використання відновлюваних джерел енергії. Але високі початкові витрати нівелюють довгострокова економія коштів на експлуатації.

Вибір джерела тепла має бути підтверджений детальними розрахунками та консультацією з інженерами, враховуючи специфіку вашого виробничого процесу та доступні ресурси.

3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1. Розрахунок основних параметрів.

1. Визначимо витрату теплоти і витрату води.

$$t_2 = 0,5 (10 + 25) = 17,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середню температуру:

$$t_1 = t_2 + \Delta t_{cp} = 17,5 + 31 = 48,5 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3.1)$$

де Δt_{cp} - середня різниця температур, рівна при потоці теплоносіїв $^\circ\text{C}$.

$$+25 \quad \xleftarrow{\text{вода}} \quad 10 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\overline{\Delta t_{\delta}} = 55,5 \quad \overline{\Delta t_{\text{м}}} = 15;$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln(\Delta t_{\delta} / \Delta t_{\text{м}})} = \frac{55,5 - 15}{\ln(55,5 / 15)} = 31 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (3.2)$$

Витрата теплоти:

$$Q = G_1 c_1 (t_{1H} - t_{1K}) = 3,333 \cdot 1927 \cdot (80,5 - 25) = 256459 \text{ Вт}; \quad (3.3)$$

Аналогічно (3.3) визначимо витрату води:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 (t_{2K} - t_{2H})} = \frac{256459}{4190 \cdot (25 - 10)} = 5,672 \text{ кг/с}; \quad (3.4)$$

де $c_1 = 1927 \text{ Дж/(кг } ^\circ\text{C)}$ і $c_2 = 4190 \text{ Дж/(кг } ^\circ\text{C)}$ - питомі теплоємності води при їх середніх температурах $t_1 = 48,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ і $t_2 = 17,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ [1].

Об'ємні витрати води:

$$V_1 = G_1 / \rho_1 = 3,333 / 844 = 3,949 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.5)$$

$$V_2 = G_2 / \rho_2 = 5,672 / 998 = 5,683 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.6)$$

де $\rho_1 = 844 \text{ кг/м}^3$ і $\rho_2 = 998 \text{ кг/м}^3$ - густину води беремо з урахуванням тиску в системі.

3.2. Варіанти систем теплообміну.

Визначаємо площу поверхні теплообміну, вважаючи $K_{op} = 500 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ по [1, таб. 4.8], тобто вважатимемо його таким, як при теплообміні від рідини до рідини:

$$F_{OP} = \frac{Q}{K_{OP} \cdot \Delta t_{CP}} = \frac{356459}{500 \cdot 31} = 23 \text{ м}^2; \quad (3.7)$$

З величини $F_{OP} = 23 \text{ м}^2$ витікає, що проєктований теплообмінник може бути багато ходовим.

У апаратах з стаціонарним рухом води Δt_{CP} за рівних умов більший ніж у інших. При складному русі теплоносія Δt_{CP} визначається як проміжне значення, що враховує поправку $\varepsilon_M \leq 1$ до середньо логарифмічної різниці температур.

$$\varepsilon_M = \frac{\eta / \delta}{\ln \frac{2 - P(1 + R - \eta)}{2 - P(1 + R + \eta)}}; \quad (3.8)$$

$$\text{де } \eta = \sqrt{R^2 + 1}; \quad \delta = \frac{R - 1}{\ln(1 - P) / (1 - RP)} \Big|_{R \neq 1} = \frac{1 - P}{P} \Big|_{R \rightarrow 1};$$

$$P = \frac{t_{1K} - t_{2H}}{t_{1H} - t_{2H}}; \quad R = \frac{t_{1H} - t_{1K}}{t_{2K} - t_{2H}};$$

$$P = \frac{25 - 10}{80,5 - 10} = 0,213; \quad R = \frac{80,5 - 25}{25 - 10} = 3,7; \quad \eta = \sqrt{3,7^2 + 1} = 3,83;$$

$$\delta = \frac{3,7 - 1}{\ln(1 - 0,213) / (1 - 0,213 \cdot 3,7)} = 2,058;$$

Визначимо даний коефіцієнт за формулою (3.8)

$$\varepsilon_M = \frac{3,83 / 2,058}{\ln \frac{2 - 0,213(1 + 3,7 - 3,83)}{2 - 0,213(1 + 3,7 + 3,83)}} = 0,811;$$

$$\Delta t_{CP} = \varepsilon_M \cdot \Delta t_{CP} = 0,811 \cdot 31 = 25,1; \quad (3.9)$$

Для забезпечення активного процесу теплообміну підберемо апарат з турбулентним режимом руху води..

У теплообмінниках $\varnothing 25,4$ мм по ДСТУ 15120-08 швидкість руху рідини при $Re_2 > 10000$ повинна бути більшою

$$\omega'_2 = \frac{Re_2 \mu_2}{d_2 \rho_2} = \frac{10000 \cdot 0,45 \cdot 10^{-3}}{0,021 \cdot 844} = 0,254 \text{ м/с}; \quad (3.10)$$

де $\mu_2 = 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ - в'язкість рідини при $t_1 = 48,5$.

Кількість трубок теплообмінника:

$$n'_1 = \frac{V_1}{0,785 \cdot d_1^2 \cdot \omega'_1} = \frac{3,949 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 0,254} = 44,9 \approx 55; \quad (3.11)$$

тобто число труб $n < 44,9$ на один хід.

Виберемо варіанти теплообмінників:

1. Теплообмінник «кожухотрубний» $D = 60$; $d = 25,4$; $z=6$; $n/z = 32,7$;
 СВ.П. = $0,037 \text{ м}^2$; $F = 0,61 \text{ м}^2$; $L = 0,4 \text{ м}$; СВ.П. = $0,011 \text{ м}^2$.

Варіант 1. Теплообмінник (ДСТУ 15120-08)

Швидкість руху рідини в трубах, для турбулентного режиму, повинна побути більшою від $\omega'_2 = 0,254 \text{ м/с}$;

Складемо схему теплообміну (Рисунок. 3.1).

а) Визначимо критерії Рейнольдса і Прандтля.

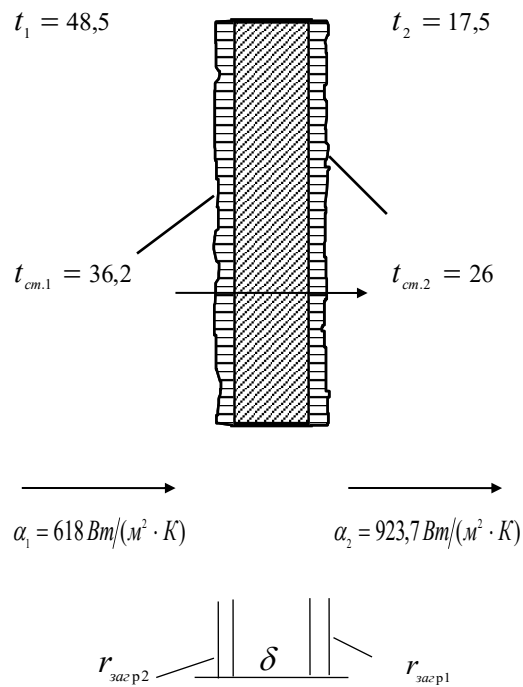


Рисунок 3.1 - Схема до першого варіанту розрахунку.

$$\text{Re}_1 = 10000 \left(\frac{n'}{n} \right); \quad (3.12)$$

$$\text{Re}_1 = 10000 \frac{44,9}{32,7} = 13731;$$

$$\text{Pr}_1 = \frac{c_1 \mu_1}{\lambda_1}; \quad (3.13)$$

$$\text{Re}_1 = \frac{1927 \cdot 0,45 \cdot 10^{-3}}{0,14} = 6,19;$$

де $\lambda_1 = 0,14 \text{ Вт}/(\text{м До})$ - змішай коефіцієнт теплопередачі

Критерій Нуссельта для турбулентного режиму руху рідини :

$$\text{Nu}_1 = 0,021 \cdot \text{Re}_1^{0,8} \cdot \text{Pr}_1^{0,43} \left[\frac{\text{Pr}_1}{\text{Pr}_{cm.}} \right]^{0,25} \cdot \varepsilon_l; \quad (3.14)$$

де $\varepsilon_l = 1$ із співвідношення $\left[\frac{\text{Pr}_1}{\text{Pr}_{cm.}} \right]^{0,25} = 1$ з корекцією.

$$\text{Nu}_1 = 0,021 \cdot 13731^{0,8} \cdot 6,19^{0,43} \cdot 1 \cdot 1 = 93,93$$

Коефіцієнт тепловіддачі до стінки:

$$\alpha'_1 = \text{Nu}_1 \lambda_1 / d_{1n} = 93,93 \cdot 0,14 / 0,021 = 626,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}); \quad (3.15)$$

б) Визначимо коефіцієнт тепловіддачі для води. Швидкість руху рідини.

$$\omega_2 = \frac{V_2}{S_{в.п.}} = \frac{5,683 \cdot 10^{-3}}{0,037} = 0,154 \text{ м/с}; \quad (3.16)$$

Розраховуємо критерій Рейнольдса:

$$\text{Re}_2 = \frac{\omega_2 d_2 \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,154 \cdot 0,025 \cdot 998}{1,1 \cdot 10^{-3}} = 3484; \quad (3.17)$$

де $\mu_2 = 0,0011$ Па з $\rho_2 = 998$ кг/м³ при температурі +17,5 З;

Критерій Прандтля при t=17,5 °С

$$\text{Pr}_2 = \frac{c_2 \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4190 \cdot 1,1 \cdot 10^{-3}}{0,59} = 7,81; \quad (3.18)$$

де $\lambda_1 = 0,59$ Вт/(м °С) - коефіцієнт теплопровідності для води [1].

розрахуємо значення GrPr при Re < 10000.

$$\text{Gr} = \frac{d^3 \rho^2 \beta \Delta t_2 g}{\mu^2} = \frac{0,025^3 \cdot 998^2 \cdot 3,009 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81}{(1,1 \cdot 10^{-3})^2} = 379653; \quad (3.19)$$

де $\rho = 998$ кг/м³ - густина води при 17,5

$\beta \Delta t = (\rho_1 - \rho_2) / \rho_2 = (1000 - 997) / 997 = 3,009 \cdot 10^{-3}$; $\rho_1 = 1000$ і

$\rho_2 = 997$ кг/м³ - густина води при 10 і 25 З; $\mu_2 = 0,0011$ Па з [1] - динамічний

коефіцієнт в'язкості води при t=17,5 °С.

$$\text{Gr Pr}_2 = 379653 \cdot 7,81 = 2,97 \cdot 10^{-3};$$

Для вертикального розміщення труб:

$$\text{Nu}_2 = 0,037 \cdot \text{Re}_2^{0,75} \cdot \text{Pr}_2^{0,4} \left[\mu_2 / \mu_{cm.} \right]^{0,11}; \quad (3.20)$$

прийmemo $\left[\mu_2 / \mu_{cm.} \right]^{0,11} = 1$ з поправкою де μ_2 і $\mu_{cm.}$ в'язкість води при t=17,5°С і температурі стінки відповідно (3.20).

$$\text{Nu}_2 = 0,037 \cdot 3484^{0,75} \cdot 7,81^{0,4} \cdot 1 = 38,2;$$

Коефіцієнт тепловіддачі води:

$$\alpha'_2 = \text{Nu}_2 \lambda_2 / d_2 = 38,2 \cdot 0,59 / 0,025 = 901,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К}); \quad (3.21)$$

Термічний опір стінки [1]:

$$\sum r_{cm} = \frac{1}{r_{загp1}} + \frac{\Delta}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{r_{загp2}}; \quad (3.22)$$

$$\sum r_{cm} = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{2800} = 5,602 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K' = \frac{1}{1/\alpha'_1 + \sum r_{cm} + 1/\alpha'_2}; \quad (3.23)$$

$$K' = \frac{1}{1/626,2 + 5,602 \cdot 10^{-3} + 1/901,5} = 306,1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Щільність потоку:

$$q' = K' \Delta t_{CP} = 306,1 \cdot 25,1 = 7683 \text{ Вт}/\text{м}^2; \quad (3.24)$$

1.3 Визначимо значення $t'_{cm,1}$ і $t'_{cm,2}$, беручи до уваги, що

$$q' = K' \Delta t_{CP} = \alpha'_1 \Delta t'_1 = \frac{1}{\sum r_{cm}} \Delta t'_2 = \alpha'_2 \Delta t'_2; \quad (3.25)$$

де сума $\Delta t'_1 + \Delta t'_{cm} + \Delta t'_2 = \Delta t_{CP}$.

$$\text{Визначаємо: } \Delta t_1 = q' / \alpha'_1 = 7683 / 626,2 = 12,3 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.26)$$

$$\Delta t'_{cm} = q' \sum r_{cm} = 7683 \cdot 5,602 \cdot 10^{-3} = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.27)$$

$$\Delta t_2 = q' / \alpha'_2 = 7683 / 901,5 = 8,5 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.28)$$

Проводимо перевірку: $\Delta t'_1 + \Delta t'_{cm} + \Delta t'_2 = \Delta t_{CP}$;

$$12,3 + 4,3 + 8,5 = 25,1 \text{ }^\circ\text{C};$$

Отримаємо

$$t'_{cm,1} = t_1 - \Delta t'_1 = 48,5 - 12,3 = 36,2 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.29)$$

$$t'_{cm,2} = t_2 + \Delta t'_2 = 17,5 + 8,5 = 26 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.30)$$

Застосуємо поправку в коефіцієнт тепловіддачі, $[\text{Pr}_1 / \text{Pr}_{cm}]^{0,25}$.

Критерій Прандтля при $t'_{cm,1} = 36,2 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$\text{Pr}_{cm,1} = c_{cm,1} \mu_{cm,1} / \lambda_{cm,1} = 1718 \cdot 0,55 \cdot 10^{-3} / 0,145 = 6,52; \quad (3.31)$$

де $c_{cm.1} = 1718 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{K})$ [1, с.262]; $\mu_{cm.1} = 0,55 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [1];
 $\lambda_{cm.1} = 0,145 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{K})$ [1].

Коефіцієнт тепловіддачі :

$$\alpha_1 = \alpha'_1 (\text{Pr} / \text{Pr}_{cm.1})^{0,25} = 626,2 \cdot (6,19 / 6,52)^{0,25} = 618 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{K}) \quad (3.32)$$

Для води коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_2 = \alpha'_2 (\mu_2 / \mu_{cm.1})^{0,11}; \quad (3.33)$$

$$\alpha_2 = 901,5 \cdot (1,1 \cdot 10^{-3} / 0,882 \cdot 10^{-3})^{0,25} = 923,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{K})$$

де $\mu_{cm.1} = 0,882 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [1];

Зкореговані значення, q $t_{cm.1}$ і $t_{cm.2}$ по (3.23):

$$K = \frac{1}{1/618 + 5,602 \cdot 10^{-3} + 1/923,7} = 306,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}};$$

$$q = K \Delta t_{cp} = 306,7 \cdot 25,1 = 7698 \text{ Вт} / \text{м}^2; \quad (3.34)$$

$$t'_{cm.1} = t_1 - q / \alpha_1 = 48,5 - 7698 / 618 = 36,1 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.35)$$

$$t'_{cm.2} = t_2 + q / \alpha_2 = 17,5 + 7698 / 923,7 = 25,8 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.36)$$

$$\frac{\alpha'_1 - \alpha_1}{\alpha'_1} 100\% = \frac{626,2 - 618}{626,2} 100 = 1,3\% \quad (3.37)$$

$$\frac{\alpha_2 - \alpha'_2}{\alpha'_2} 100\% = \frac{923,7 - 901,5}{923,7} 100 = 2,4\% \quad (3.38)$$

Проводимо коректування α_1 α_2

1.4. Розрахункова площа поверхні теплопередачі:

$$F'_p = Q / q = 356459 / 7698 = 46,3 \text{ м}^2; \quad F = 61 \text{ м}^2 \quad (3.39)$$

запас $\frac{F - F'_p}{F} 100\% = \frac{61 - 46,3}{61} 100 = 24\%$

3.3. Гідралічний розрахунок системи гарячого водопостачання

Гідралічний опір системи.

Швидкість рідини в трубах

$$\omega_{mp} = \frac{V_1}{S_{mp}} = \frac{3,949 \cdot 10^{-3}}{0,011} = 0,359 \text{ м/с}; \quad (3.40)$$

$$\lambda = 0,25 \left\{ \lg \left[\frac{e}{3,7} \right] + \left(\frac{6,81}{\text{Re}_{mp}} \right)^{0,9} \right\}^{-2}; \quad (3.41)$$

Коефіцієнт тертя по (3.41):

$$\lambda = 0,25 \left\{ \lg \left[\frac{9,52 \cdot 10^{-3}}{3,7} \right] + \left(\frac{6,81}{13731} \right)^{0,9} \right\}^{-2} = 0,0420;$$

де $e = \Delta / d = 0,2 / 21 = 9,52 \cdot 10^{-3}$ Δ - висота виступів на поверхні трубопроводу, d - діаметр трубопроводу.

Діаметр штуцерів в камері $d_{mp.u} = 0,100 \text{ м}$ - трубного простору $d_{mp.u} = 0,200 \text{ м}$ - міжтрубного простору [2, с.55].

$$\omega_{mp.u} = \frac{4G_1}{\pi d_{mp.u}^2 \rho_1}; \quad (3.42)$$

Швидкість в з'єднаннях по формулі (3.42).

$$\omega_{mp.u} = \frac{4 \cdot 3,333}{\pi \cdot 0,1^2 \cdot 844} = 0,503 \text{ м/с};$$

У трубному просторі існують місцеві опори: вхід і вихід з камери, 5 поворотів під кутом 180 градусів, 6 входів і 6 виходів . Згідно з формулою [2, форм. 2.35] матимемо

$$\Delta P_{mp} = \lambda \frac{Lz}{d} \cdot \frac{\omega_{mp}^2 \rho_1}{2} + [2,5(z-1) + 2z] \frac{\rho_{mp} \omega_{mp}^2}{2} + 3 \frac{\rho_{mp} \omega_{mp.u}^2}{2}; \quad (3.43)$$

Визначимо гідралічний опір (4.4)

$$\Delta P_{mp} = 0,042 \frac{4 \cdot 6}{0,021} \cdot \frac{0,359^2 \cdot 844}{2} + [2,5(6-1) + 2 \cdot 6] \cdot \frac{844 \cdot 0,359^2}{2} + 3 \frac{844 \cdot 0,503^2}{2} = 4263 \text{ Па};$$

Число рядів труб, $m = \sqrt{196/3} = 8,08$; прийємо округляючи у більшу сторону 9. Кількість сегментних перемичок $x = 10$ [2, таб. 2.7]

Діаметр штуцерів $d_{мтр.ш} = 0,200 \text{ м}$ - міжтрубного простору [2, с.55], швидкість руху рідини в штуцерах за формулою (3.43)

$$\omega_{мтр.ш} = \frac{4 \cdot 5,672}{\pi \cdot 0,2^2 \cdot 998} = 0,181 \text{ м/с};$$

Швидкість потоку в найбільшому завуженні $S_{мтр} = 0,037 \text{ м}^2$ [2, таб. 2.3]

$$\omega_{мтр.ш} = \frac{G_2}{S_{мтр} \rho_2} = \frac{5,672}{0,037 \cdot 998} = 0,154 \text{ м/с}; \quad (3.44)$$

У міжтрубному просторі такі місцеві опори: вхід і вихід рідини через штуцера, 10 поворотів через сегменти і 11 опорів пучка труб при обтіканні

$$\Delta P_{мтр} = \frac{3m(x+1)}{\text{Re}_{мтр}^2} \cdot \frac{\rho_{мтр} \omega_{мтр}^2}{2} + 1,5x \frac{\rho_{мтр}^2 \omega_{мтр}^2}{2} + 3 \frac{\rho_{мтр} \omega_{мтр.ш}^2}{2}; \quad (3.45)$$

Визначаємо гідравлічний опір за (3.45)

$$\Delta P_{мтр} = \frac{3 \cdot 9 \cdot (10+1)}{3484^2} \cdot \frac{998 \cdot 0,154^2}{2} + 1,5 \cdot 10 \frac{998^2 \cdot 0,154^2}{2} + 3 \frac{998 \cdot 0,181^2}{2} = 914 \text{ Па};$$

3.4 Вибір схеми нагріву

Існує кілька методів нагріву води, серед яких основні - це проточний електричний водонагрівач, теплообмінник та теплова помпа.

Проточний електричний водонагрівач є найпростішим і порівняно недорогим способом нагріву води в басейні. Цей метод призначений для прогрівання безперервного потоку рідини з мінімальним перепадом тиску. Однак, такий спосіб вимагає значних затрат електричної енергії.

Теплообмінник - це пристрій для передачі тепла від одного середовища до іншого через розділяючу стінку. Основні складові теплообмінника - це кожух і змієвик. Змієвик складається з трубок у формі U-подібних витків. Теплообмінник працює за принципом рекуперативної передачі тепла: тепло передається через стінки трубок змієвика. Теплообмінники такого типу також називають бойлерами непрямого нагріву.

Теплова помпа - це пристрій, що забезпечує нагрів води за рахунок відбору теплової енергії з навколишнього середовища. Цей метод є ефективним і енергоощадним, оскільки використовує відновлювані джерела енергії для нагрівання води.

Обґрунтування вибору газового нагрівача для системи гарячого водопостачання. Вибір газового нагрівача для системи гарячого водопостачання виробничого приміщення базується на кількох ключових перевагах і відповідності специфічним вимогам. Основні аргументи, щодо цього вибору:

1. Економічна ефективність. Низька вартість палива тому, що газ є одним з найдешевших джерел енергії. Використання газового нагрівача дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати порівняно з електричними водонагрівачами. Висока ефективність сучасних газових нагрівачів здобувається через високий коефіцієнт корисної дії (ККД), що забезпечує ефективне використання палива та мінімальні втрати тепла.

2. Потужність та продуктивність високого рівня забезпечують газові нагрівачі, що дозволяє швидко і ефективно нагрівати великі об'єми води, необхідні для виробничих потреб. Стабільність температури газових нагрівачів забезпечують стабільну температуру води, що є критично важливим для багатьох виробничих процесів.

3. Надійність і довговічність за рахунок надійності конструкції, яка забезпечує тривалий термін служби навіть у умовах інтенсивного використання. Мінімальні вимоги до обслуговування знижує витрати на підтримку системи у робочому стані.

4. Екологічність сучасних газових нагрівачів відповідає високим екологічним стандартам, забезпечуючи низькі рівні викидів шкідливих речовин в атмосферу.

5. Відповідність потребам виробництва обумовлене безперервне постачання гарячої води, газовий нагрівач здатний забезпечити безперервне постачання гарячої води для 10 працівників у зміну, враховуючи потребу у 160 літрів гарячої води на годину для виробничих потреб.

Газові нагрівачі можуть бути легко інтегровані в існуючі системи водопостачання та працювати у різних режимах, адаптуючись до змін у потребах виробництва.

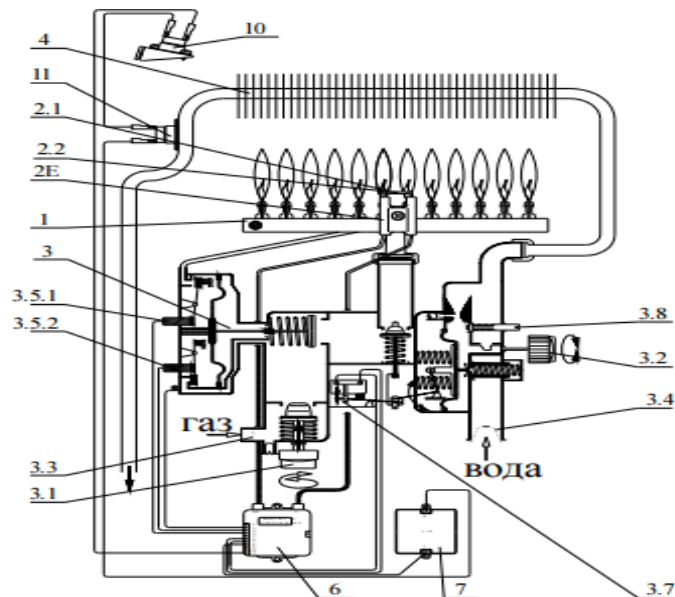


Рисунок 3.1 – Принципова схема газового нагрівача

Вибір газового нагрівача для системи гарячого водопостачання виробничого приміщення є обґрунтованим рішенням з огляду на економічну ефективність, високу потужність, надійність, екологічність та відповідність специфічним виробничим потребам. Газовий нагрівач забезпечить стабільне і ефективне постачання гарячої води, мінімізуючи експлуатаційні витрати та екологічний вплив.

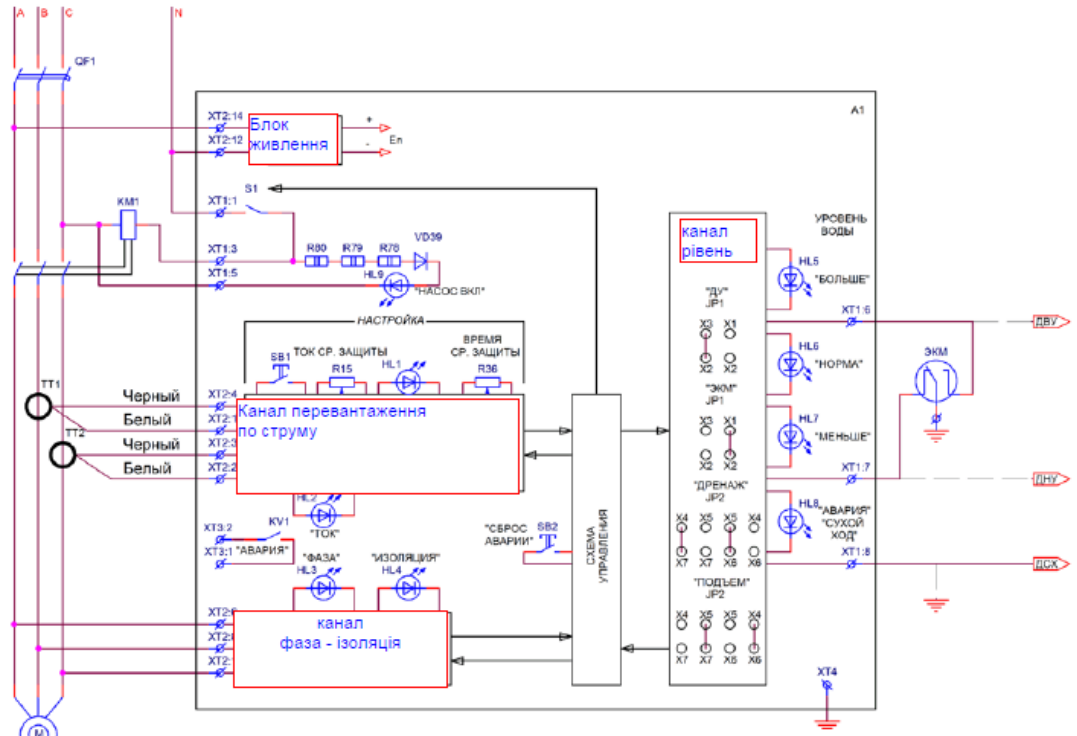


Рисунок 3.2 – Схема керування системою нагріву води

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Розрахунок захисту від блискавки

Для захисту від прямих ударів блискавки служать стержневі блискавковідводи. Стержневі блискавковідводи зазвичай застосовують для захисту зосереджених об'єктів.

Захисні властивості стержневого блискавковідводу (рис.5.1) характеризується зоною захисту, під якою розуміють простір навколо блискавковідводу, де враження захисного об'єкта атмосферним розрядом малоімовірна

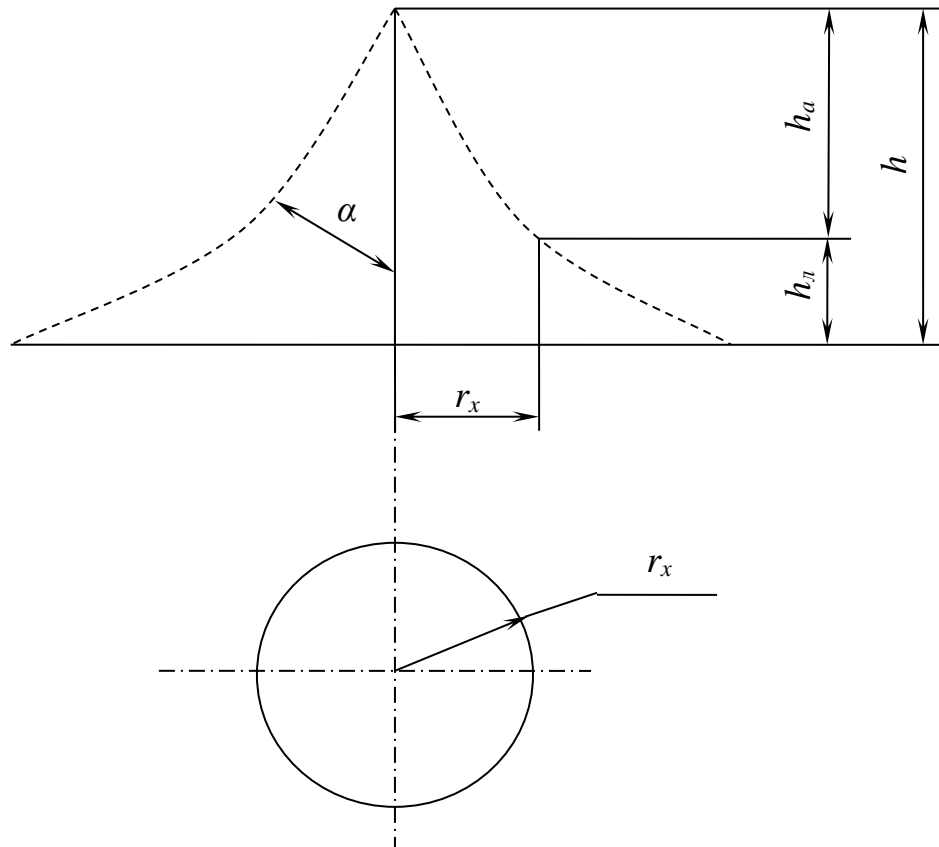


Рис 4.1 - Схема стержневого блискавковідводу.

Радіус захисту r_x одиночного стержневого блискавковідводу висотою не менше 30 м визначають по формулі

$$r_x = 1,6 \cdot h \frac{h - h_x}{h + h_x}, \quad (4.1)$$

де h - повна висота блискавковідводу, приймаємо $h = 10$ м; h_x - висота захисного об'єкта, $h_x = 4,01$ м.

$$r_x = 1,6 \cdot 10 \frac{10 - 4,01}{10 + 4,01} = 6,8 \text{ м}$$

Захисна дія одиночного блискавковідводу характеризується коефіцієнтом захисту K_x :

$$K_x = \operatorname{tg} \alpha = \frac{r_x}{r_a}, \quad (4.2)$$

де r_a - активна висота блискавковідводу, $r_a = 5,99$ м.

4.2 Електробезпека та розрахунок освітлення в приміщенні

Для надійної електробезпеки приміщенні необхідно розрахувати заземлення. Для розрахунку заземлення задаються слідуючи ми умовами.

Ґрунт на місці мийки земля садова, кліматична зона №3. Додатково в якості заземлення використовувати природне заземлення фундаменту, з опором розтікання 9 Ом, уматеріал заземлювачів кутник №36 довжиною 20 м. Верхні кінці вертикальних кутників вкопані на глину 0,7 м і приварені до горизонтального електрода з такої ж сталі.

Приймаємо необхідне по ПУЕ (правила установки електрообладнання) допустимий опір заземлюючого пристрою $R_{зм} = 0,4$ Ом.

Рекомендуючий для розрахунків опір землі у місці споруди заземлення, для землі садової $\rho = 50$ Ом·м [8].

Підвищуючий коефіцієнт для кліматичної зони №3 приймаємо $K_r = 2,2$ [8], для горизонтальних електродів при глибині залягання 0,8 м, і $K_v = 1,5$ для вертикальних електродів довжиною від 2 до 3 м при глибині залягання верхівок 0,5...0,8 м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту:

– для горизонтального

$$\rho_{роз.г} = K_r \cdot \rho. \quad (4.3)$$

$$\rho_{роз.г} = 2,2 \cdot 50 = 110 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

– для вертикального

$$\rho_{роз.в} = K_6 \rho. \quad (4.4)$$

$$\rho_{розр.в} = 1,5 \cdot 50 = 75 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо опір розтікання одного вертикального електроду кутник №36, довжиною 2,5 м, глибиною занурення 0,7 м нижче рівня землі відповідно літератури [8]

$$R_{о.в.е.} = \frac{\rho_{роз.в}}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4t+L}{4t-L} \right), \quad (4.5)$$

де $d=0,95 \cdot b$, b - ширина кутника $b = 3,6$ мм

$$t = \frac{1}{2}L + 0,7, L - \text{довжини кутники}, L = 2,5 \text{ м}.$$

$$d = 0,95 \cdot 0,036 = 0,342 \text{ м}$$

$$t = \frac{1}{2} \cdot 2,5 + 0,7 = 1,95 \text{ м}$$

$$R_{о.в.е.} = \frac{75}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,0342} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 25,35 \text{ Ом}.$$

Визначаємо приблизне число вертикальних заземлювачів при попередньо прийнятому коефіцієнті $K_{н.в.} = 0,58$ [8].

$$n = \frac{R_{о.в.е.}}{K_{н.в.} \cdot R_n},$$

де R_n опір природного заземлювача, $R_n = 4$ Ом.

$$n = \frac{25,35}{0,58 \cdot 4} = 10,9 \text{ шт}$$

Визначаємо коефіцієнт розтікання горизонтального електроду (кутник №36) приварених до верхівок кінців вертикальних електродів.

При коефіцієнті використання горизонтального електроду $K_{в.г.с.} = 0,74$ [8]

$$R_{r.e} = \frac{\rho_r}{K_{в.г.с.} \cdot 2\pi L} \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}. \quad (4.6)$$

$$R_{r.e} = \frac{110}{0,74 \cdot 23,14 \cdot 20} \ln \frac{2 \cdot 20^2}{0,036 \cdot 0,7} = 12,26 \text{ Ом}.$$

Уточнюємо необхідний опір вертикальних електродів з врахуванням провідності горизонтальних з'єднувальних електродів.

$$R_{e.e} = \frac{R_{o.z.e} \cdot R_n}{R_{o.z.e} - R_n} \quad (4.7)$$

$$R_{e.e} = \frac{12,26 \cdot 4}{12,26 - 4} = 5,94 \text{ Ом}$$

Для освітлення вибираємо світильники типу ОД 2-80. параметри світильника заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Параметри світильника.

| Тип | Коротка характеристика | Число ламп | Потуж., кВт | Напруга, В | Розміри, мм | | | ККД, % | Маса кг |
|---------|---|------------|-------------|------------|-------------|--------|--------|--------|---------|
| | | | | | Довжина | Ширина | Висота | | |
| ОД 2-80 | Підвісний прямого світла, дифузійний повного відбиття | 2 | 0,80 | 220 | 152 | 260 | 198 | 72 | 12 |

Розрахунок кількості світильників та місця їх розташування.

Розрахунок проводимо по методу коефіцієнта використання світлового потоку.

Приймаємо висоту підвісу світильника, $h_{nid} = 2,4$ м.

Визначаємо відстань між світильниками в ряду:

$$L_a = \lambda_a \cdot h_{nid}, \quad (4.8)$$

де $\lambda_a = 2,6$ [4]

$$L_a = 2,6 \cdot 2,412 = 6,27 \text{ м}$$

Приймаємо $L_a = 6$ м [4]

Визначаємо число світильників в ряду

$$h_a = \frac{A}{L_a}, \quad (4.9)$$

де A – довжина приміщення, $A=24,04$ м

$$h_a = \frac{24,04}{6} = 4,006 \text{ шт.}$$

Приймаємо $h_a = 4$ шт.

Визначаємо кількість рядів світильників:

$$h_g = \frac{B}{L_g}, \quad (4.10)$$

де B – ширина приміщення, $B = 3,81$ м;

L_g - відстань між світильниками, $L_g = 2$ м.

$$h_g = \frac{3,81}{2} = 1,9.$$

Приймаємо значення $h_g = 2$ ряди.

Визначаємо сумарну кількість світильників за формулою:

$$N = h_g \cdot h_a. \quad (4.11)$$

$$N = 2 \cdot 4 = 8 \text{ шт.}$$

За довідниковими даними вибираємо коефіцієнт запасу $K=1,5$ та коефіцієнт мінімальної освітленості $Z=1,1$ [4].

Розраховуємо світловий потік за формулою

$$\Phi = \frac{E_{min} \cdot K \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (4.12)$$

де E_{min} - мінімальна допустима освітленість, $E_{min} = 20$ лк; S - площа приміщення, $S=91,6$ м²; η - коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta=0,38$.

$$\Phi = \frac{20 \cdot 1,5 \cdot 91,6 \cdot 1,1}{8 \cdot 0,38} = 994,34 \text{ лм.}$$

По довіднику вибираємо найближчу лампу по світловому потоку, який дещо перевищує розрахунковий.

Вибираємо лампу ЛБР 20 потужністю 20 Вт, номінальний світловий потік 1050 Лм.

Світловий потік прийнятої лампи повинен бути в таких межах

$$\Phi_{л} = (0,9 \dots 1,2) \Phi = (894,9 \dots 1193) \text{ лм}$$

Умова виконана. Лампа вибрана вірно.

4.3 Охорона довкілля

Господарська діяльність людини значною мірою змінює природний фонд на земній кулі, що в свою чергу катастрофічно може відзначитися у природній сфері і призвести до значних змін і катаклізмів.

З кожним роком вплив господарської діяльності людини на фауну і флору зростає, з кожним роком все більше зникає рослин і тварин в результаті неправильного поводження з ґрунтом, водою повітрям тощо. Тому постала необхідність скласти списки таких видів і розробити заходи щодо їх охорони.

У господарстві також проводяться різні заходи щодо забезпечення максимального збереження фауни і флори. Здійснюється дбайливе відношення до всіх видів живого, боротьба з ворожими для людини формами життя з метою обмеження чи ліквідації їх негативного впливу на корисні форми, меліорація земель без шкідливих наслідків в майбутньому, створюються земельні насадження, здійснюються підвищення врожайності за рахунок селекції використання законів генетики та генної інженерії, створення та впровадження безвідходних технологій тощо.

У господарстві велику увагу приділяють утилізації відходів, а також вивчають нові шляхи їх використання щоб якнайменше забруднювати навколишнє середовище. Приміщення збудовані на рівнинній території з дотриманням всіх вимог і правил, і знаходиться на допустимій віддалі від водойм.

5. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Для оцінки економічної ефективності системи гарячого водопостачання найперше необхідно визначити кількість газу, що буде використана нагрівачем

$$M_{mp} = \pi d_{cp} \delta_{mp} L n \rho_{cm}; \quad (5.1)$$

де $\rho = 0,72$ по [1, с.529]

$$M_{mp} = 3,14 \cdot 0,023 \cdot 0,002 \cdot 4,0 \cdot 196 \cdot 0,72 = 0,415 \text{ кг/год}$$

Ціна одиниці газу по [2] $C_g = 8$ грн/м³. Вартість газу

$$C_z = 0,415 \cdot 8 : 0,72 \cdot 24 = 57 \text{ грн/добу.}$$

Затрати енергії з урахуванням на прокачування гарячої води:

$$N_1 = \frac{\Delta P_{mp} G_1}{\eta \rho_1 1000} = \frac{4263 \cdot 3,333}{0,63 \cdot 844 \cdot 1000} = 0,0267 \text{ кВт}; \quad (5.2)$$

де $\eta = 0,63$ по практичних розрахунках [2].

Кількість енергії, що затрачається на прокачку холодної води

$$N_2 = \frac{\Delta P_{mnp} G_2}{\eta \rho_2 1000} = \frac{914 \cdot 5,672}{0,63 \cdot 998 \cdot 1000} = 0,00825 \text{ кВт}; \quad (5.3)$$

Приведені витрати складуть

$$P_{1m} = 0,3 \cdot C_m + (N_1 + N_2) \cdot C_{кВт} \cdot \tau; \quad (5.4)$$

де $\tau = 8000$ - час роботи насосів в році; $C_{кВт} = 0,45$ - вартість одного кіловата енергії, грн/кВт.

$$P_{1T} = 0,3 \cdot 0,45 + (0,0267 + 0,00825) \cdot 0,02 \cdot 8000 = 6190$$

Варіант 2. Розрахунок маси теплообмінного апарату [2]

$$M = 2290 \text{ кг}; \quad \Delta P_{mp} = 1057 \text{ Па}; \quad \Delta P_{mnp} = 794 \text{ Па};$$

Щоб оцінити вартість теплообмінника визначимо масу труб (6.1).

$$M_{mp} = 3,14 \cdot 0,023 \cdot 0,002 \cdot 4,0 \cdot 206 \cdot 7850 = 935 \text{ кг};$$

Відношення маси труб до маси теплообмінника

$$c = (935 / 2290)100\% = 40,8\%;$$

Ціна теплообмінника

$$C_T = 2290 \cdot 9,75 = 22327 \text{ грн},$$

де, $C_{\text{тр}}$ - ціна одиниці маси теплообмінника. $C_{\text{тр}} = 9,75$ грн/кг

Втрати енергії насосної установки на подачу гарячої рідини по трубах (5.2):

$$N_1 = \frac{1057 \cdot 3,333}{0,63 \cdot 844 \cdot 1000} = 6,63 \cdot 10^{-3} \text{ кВт};$$

де $\eta = 0,63$ показник взятий з практичних розрахунків [2].

Аналогічно для холодної води (5.3)

$$N_2 = \frac{794 \cdot 5,672}{0,63 \cdot 998 \cdot 1000} = 7,16 \cdot 10^{-3} \text{ кВт};$$

Приведені витрати складуть (5.4)

$$N_2 = 0,3 \cdot 2233 + (6,63 \cdot 10^{-3} + 7,16 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,45 \cdot 8000 = 15126 \text{ грн/рік}$$

Собівартість 1 м^3 води визначаємо за формулою:

$$C_u = \frac{c}{W_u \cdot n_p} = \frac{c}{W_p}, \quad (5.5)$$

де W_u – змінна витрата, $\text{м}^3/\text{зм}$.

Отже,

$$C_u = \frac{1595,5}{5 \cdot 350} = 0,65 \text{ грн}.$$

Термін окупності запропонованої системи водопостачання за формулою:

$$T = \frac{K_{\text{кан}}}{E_p}, \quad (5.6)$$

Підставивши одержане значення у формулу 6.6 одержимо:

$$T = \frac{194,4}{0,36} = 70 \text{ місяців}$$

Таблиця 5.1 - Порівняльні техніко-економічні показники систем нагріву

ВОДИ

| Найменування | Техніко-економічні показники | Газовий водонагрівач | Бівалентний водонагрівач |
|-----------------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------|
| Діаметр теплообмінного апарату | $D, м$ | | 0,6 |
| Довжина теплообмінного апарату | $L, м$ | | 4 |
| Коефіцієнт теплопередачі | $K Вт / (м^2 К)$ | | 250,1 |
| Площа теплообміну | $F м^2$ | | 65 |
| Маса | $M, кг$ | 32 | 2290 |
| Сумарні енергетичні витрати | $N_1 + N_2, кВт$ | $350 \cdot 10^{-3}$ | $1379 \cdot 10^{-3}$ |
| Приведені витрати | $\Pi грн / рік$ | 6190 | 15126 |
| Собівартість $1 м^3$ гарячої води | $C_w, грн$ | 0,32 | 0,65 |
| Рівень рентабельності | $P_p, \%$ | 12,6 | 6,0 |
| Термін окупності | $T, міс$ | 20 | 70 |

ВИСНОВОК

За результатами розрахунків підібране основне енергоефективне обладнання та наведено його технічні характеристики.

Вибрано необхідну запірну та регулюючу арматуру, що забезпечує надійну та безпечну експлуатацію проектованої установки. Ескізний проект виконаний з дотриманням вимог БНІП та норм проектування. Використані каталоги насосного обладнання, теплообмінників для нагрівання води, трубопровідної арматури.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гідравліка: Навчально – методичний комплекс. Навчально – методичний посібник / В.І. Дуганець, І.М. Бендера, В.А. Дідур та ін. / За ред. В.І. Дуганець, І.М. Бендера, В.А. Дідур. Кам’янець – Подільський: ФОП Сисин О.В., 2013. 572 с.
2. Гідравліка. Загальний курс: Підручник / Б.Ф. Левицький, Н.П. Лещій. Львів: Світ, 1994. 264 с.
3. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник/ Ю.А. Буренніков, І.А. Немировський, Л.Г. Козлов. Вінниця: ВНТУ, 2013. 273с. Греник Г.М., Лехман С.Ф., Бутко Д.А Охорона праці. К.: Урожай; 2007. 272 с.
4. ДБН 2.04.05.-98. Опалення, вентиляція та кондиціонування .К.; Вища школа, 1998. 64 с.
5. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2020. 624 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. Єрмеєв І.С., Кисельов В.Б. Автоматизовані системи управління технологічними процесами. Навчальний посібник. Одеса: Олді+, 2022. 324 с
8. Левицький Б.Ф., Леиць Н.П. Гідравліка. Львів: Світ, 2004. 216 с.
9. Мельниченко Д.Ю., Лаврентьев М.В., Горелкін А.В. Гідравліка, гідросилові установки і основи сільськогосподарського водопостачання.Київ: Урожай 2006. 275 с.
- 10.Мошенцев Ю.Л., Гогоренко О.А. Розрахунок ступеня відцентрового наддувного компресора. Навчальний посібник. Одеса: Олді+, 2021. 160 с.
- 11.Проектування і розрахунок опалення житлових будинків. Методичні поради / С.В.Синій. Луцьк: ЛДТУ, 1999.- 52 с.
- 12.Ремез Н.С., Кисельов В.Б., Дичко А.О., Мінаєва Ю.Ю. Чисельні методи розв’язання технічних задач. Підручник. Одеса: Олді+, 2022. 186 с
- 13.Рогалевич Ю.П. Гідравліка.Київ: Вища школа, 2003. 238 с.
- 14.Стандарт підприємства (СТП) 049373.01-07 Дипломні і курсові проекти (роботи). Загальні вимоги до оформлення. Дубляни, ЛНАУ, 2007.38 с.
- 15.Холоменюк М.В., Ткачук А.В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Навчальний посібник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2019. 356 с.

16. Шолудько В.П., Боярчук В.М., Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Теплотехніка та використання теплоти. Львів «Сполом», 2007, 190с
17. Шмат К.І., Солодовніченко В.М., Папченко О.І. Автоматизовані системи сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2019. 196 с.
18. Бібліотечно-інформаційні ресурси –[книжковий фонд](#), періодика та фонди на [електронних носіях](#) бібліотеки ЛНУП, державних органів науково-технічної інформації, наукових, науково-технічних бібліотек та інших наукових бібліотек України.
19. Електронні інформаційні ресурси мережі інтернет з переліком сайтів:
20. –<http://lnup.lviv.ua/lnup>; <http://www.irbis-nbuv.gov.ua>;
<http://www.twirpx.com>; <http://hotline.ua> moodle.lnup.edu.ua