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:

«МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ З РОЗРОБКОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ НАСОСАМИ»

Виконав: студент IV курсу
групи Ен – 41 спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва спеціальності)
Дубик В.Я.

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

_____*Дубику Владиславу Ярославлвичу*
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи *«Модернізація системи водопостачання виробничих приміщень з розробкою електричної схеми управління насосами»*

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 30.12.27.11.2023 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 водогінної мережі
3 Вибір устаткування та організація електричної схеми управління насосами
4 Охорона праці та довкілля
5 Організаційно-економічна частина

Висновки
Перелік 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	*Виконання аналізу вихідних даних для проектування та здійснення обґрунтування актуальності кваліфікаційної роботи*	*30.12.2023 – 31.01.2024*	
2	*Розрахунок водогінної, вибір обладнання та обґрунтування первинної схеми водопостачання*	*1.02.2024 – 17.03.2024*	
3	*Вибір електричного устаткування та організація системи регулювання*	*20.03.2024 – 21.04.2024*	
4	*Виконання структурно-функціонального аналізу процесу та розробка моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій*	*24.05.2024 – 5.05.2024*	
5	*Вивчення питання охорони довкілля та здійснення техніко-економічної оцінки прийнятих рішень*	*8.05.2024 – 19.05.2024*	
6	*Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації*	*22.05.2024 – 2.06.2024*	
7	*Завершення роботи в цілому*	*5.06.2024 – 16.05.2024*	

Студент _____ *Дубик В.Я.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Михалюк М.А.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 628.075.8

Дубик В.Я. «Модернізація системи водопостачання виробничих приміщень з розробкою електричної схеми управління насосами». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 44 с. текстової частини, 12 таблиці, 7 рисунків, 15 джерел посилання.

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

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

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

Ключові слова: проєктування, водопостачання, насосна установка, управління, дросель, витрата.

ЗМІСТ

УДК

Вступ

1 Огляд систем водопостачання виробничих приміщень 7

1.1 Аксонометрична схема внутрішнього водопроводу 7

1.2 Експлуатація трубопроводів 9

1.3 Обгрунтування теми кваліфікаційної роботи 11

2 Матеріали та обладнання для внутрішніх водопроводів 13

2.1 Система внутрішнього водопостачання 13

2.2 Визначення розрахункових витрат води у внутрішніх системах водопостачання 14

3 Розрахунок модернізованої системи водопостачання 18

3.1 Визначення та підбір діаметру трубопроводу 18

3.2 Визначення річних витрат для кожного виду трубопроводу 18

3.3 Визначення п'єзометричного і повного напору у кінцевих точках трубопроводу 30

3.4 Побудова напірної характеристики трубопроводу 31

3.5 Вибір схеми включення насосів 33

4. Охорона праці 36

4.1 Електробезпека в приміщенні 36

4.2 Розрахунок освітлення 37

4.3 Розрахунок захисту від блискавки 39

5. Економічна ефективність модернізації системи водопостачання 40

Висновки та пропозиції

Бібліографічний список

ВСТУП

Сьогодні питання енергоефективності виходять на перший план, особливо з огляду на зростаючу увагу до сталого розвитку та раціонального використання ресурсів. Водопостачальні системи – невід'ємна частина міської інфраструктури, і підвищення їх ефективності здатне забезпечити значні економічні та екологічні переваги.

Проблема високих енерговитрат на експлуатацію водопостачальних систем набуває все більшої гостроти. Оптимізація роботи насосів може суттєво зменшити споживання енергії та скоротити експлуатаційні витрати. Сучасні технології автоматизації та управління можуть значно покращити процеси проектування та експлуатації таких систем. Розробка електричної схеми управління для насосів є важливим кроком у цьому напрямку.

Результати цієї роботи матимуть практичне значення при проектуванні міських водопостачальних систем, підвищуючи їх ефективність та зменшуючи негативний вплив на довкілля. Проект надає можливість отримати цінні практичні навички в галузі електротехніки, автоматизації та управління енергоспоживанням, що сприятиме професійному розвитку. Збільшення енергоефективності водопостачальних систем є внеском у сталий розвиток, що особливо важливо в умовах підвищеної уваги до питань кліматичних змін та енергетичної ефективності. Таке обґрунтування підкреслює актуальність теми та її практичну значущість.

1 ОГЛЯД СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

У житлових будинках, господарських та виробничих приміщеннях облаштовують систему господарсько-питного водопостачання.

Ввід водопроводу прокладають під прямим кутом до стіни будівлі. Довжина вводу має бути найменшою. Ввід доцільно проектувати в середню частину будівлі (торцеву або фасадну). Під час влаштування вводу застосовують чавунні труби діаметром понад 50 мм, або сталеві оцинковані за діаметру вводу менше 50 мм.

Діаметр вводу визначають розрахунком. Глибину закладення вводу з ухилом від будівлі приймають залежно від глибини закладання труб міського водопроводу, і на 0,5 м нижче глибини промерзання ґрунту. Відстань у плані від вводу водопроводу до підземних труб каналізації має бути не менше 1,5 м. Ввід водопроводу розташовують вище від труб каналізації, що перетинаються.

Водомірний вузол на вводі розташовують безпосередньо за зовнішньою стіною підвалу в приміщенні з температурою повітря не нижче + 2 °С, на висоті 0.8-1.0 м від підлоги. Стояки водопроводу розташовують у санвузлах. Водопровідні стояки повинні мати нумерацію ст.В1-1, ст.В1-2 тощо. Магістраль водопроводу в межах підвалу з'єднує підстави стояків із водомірним вузлом і прокладається по стінах з ухилом у бік водомірного вузла під стелею уздовж середньої частини будівлі. Поливальні крани влаштовують для поливання прилеглої території через 60-70 м по периметру будівлі, на висоті 0,35 м від вимощення. Підводки від стояків до водорозбірної арматури прокладають на 0,15 - 0,20 м вище підлоги. На вводі встановлюється лічильник у системі водомірного вузла.

1.1 Аксонометрична схема внутрішнього водопроводу

Аксонометрична схема викреслюється в масштабі поверхового плану і повинна містити в собі: ввід із зазначенням діаметра і відмітки осі трубопроводу

в місці перетину його із зовнішньою стіною будівлі; умовне місце розташування водомірного вузла; магістральний трубопровід; підводки до приладів із зазначенням їхнього діаметра; відмітки рівня осей трубопроводів; розміри горизонтальних ділянок трубопроводів у разі наявності розривів; стояки системи із зазначенням на полиці лінії-виноски позначення стояка; запірну трубопровідну арматуру; водорозбірну арматуру. Якщо підводки до водорозбірних приладів на всіх поверхах однакові, то достатньо їх показати тільки для одного верхнього поверху. На інших поверхах показують тільки відгалуження від стояків у квартири. Запірну арматуру слід встановлювати: на вводі; біля основи стояків; на відгалуженнях від магістральної лінії; на розводках у кожну квартиру; на підводках до змивних бачків; перед зовнішніми поливальними кранами.

Для проведення гідравлічного розрахунку водопровідної мережі на аксонометричній схемі необхідно накреслити розрахунковий напрямок руху води: від вводу до розрахункової точки (найвище розташованої та віддаленої від вводу). За розрахунковим напрямком визначають ділянки розрахунку, а межі цих ділянок позначають цифрами 1, 2, 3, ..., введення. У межах розрахункової ділянки витрата води і діаметри труб мають бути постійними.

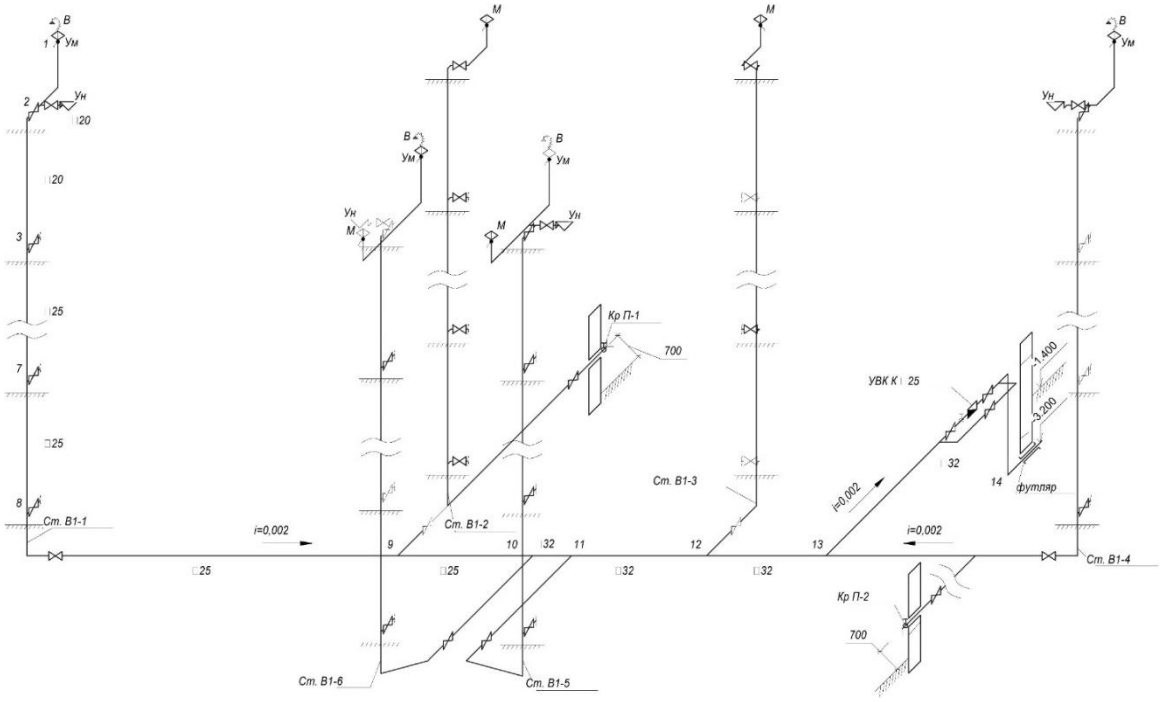


Рисунок1.1 - Аксонометрична схема системи водопостачання

Під час проектування внутрішнього водопроводу розраховують необхідні витрати води, діаметри труб і втрати напору в мережі (гідравлічний розрахунок трубопроводів).

Водопровідна мережа будівлі розраховується на пропуск максимальних секундних витрат води через кожну ділянку.

1.2 Експлуатація трубопроводів

Підтримка високої працездатності систем водопостачання та водовідведення (тобто своєчасне й ефективне технічне обслуговування, ремонт і реконструкція трубопроводів та обладнання) залишається пріоритетним.

Водопровідні та водовідвідні трубопроводи, які перебувають в експлуатації, піддаються як природному старінню, так і передчасному зносу, що вимагає їх відновлення або санації. Відновлення передбачає проведення ремонтних робіт на всій довжині пошкодженої ділянки трубопроводу, а санація - проведення просторово обмежених ремонтно-відновлювальних робіт на окремих ділянках трубопроводів, включно зі спорудами та арматурою на мережі (колодязі, засувки тощо). У результаті санації ділянці трубопроводу надається необхідна механічна міцність, повне відновлення структури (відсутність дефектів по довжині труб і в місцях стикувань) і дотримання проєктної пропускної здатності (встановлених гідравлічних параметрів). У свою чергу, під відновленням структури трубопроводу слід розуміти ліквідацію дефектів:

- структурних (наприклад, свищів, наскрізних отворів, мікротріщин та інших ушкоджень, які провокують ексфільтрацію та інфільтрацію);
- викликаних неякісним монтажем труб під час їх укладання в траншеї (наприклад, деформацій труб);
- спричинених тимчасовими факторами (наприклад, старінням) і незадовільною експлуатацією системи водопостачання та водопровідних мереж;

Старіння підземних трубопровідних комунікацій різного призначення призводить:

- до втрат напору і зниження пропускної здатності через заростання труб;
- погіршення фізико-хімічних показників питної води, що транспортується (наприклад, кольоровості) через корозію;
- можливості повторного зараження вод (унаслідок свищів, тріщин, порушення стикових з'єднань у разі старіння мереж питного водопостачання);
- забруднення підземних і поверхневих вод, ґрунтів, атмосфери (у разі старіння нафтових і газових комунікацій, водовідвідних мереж побутової, дощової та виробничої каналізації). Витоки води з трубопроводів, спричинені їхнім старінням, є також причиною підняття рівня ґрунтових вод, що може призвести до інтенсивного руйнування діючих будівель і споруд.

Термін служби водопровідних і водовідвідних трубопроводів залежить від матеріалу, з якого вони виготовлені. Наприклад сталеві водопровідні трубопроводи повинні ефективно експлуатуватися протягом 20, а чавунні - 60 років. Однак старіння комунальних мереж водопостачання та водовідведення, зниження їхньої пропускної спроможності може настати і в більш ранні строки (через 5-10 років після прокладання) через вплив окремих або сукупності низки таких чинників: невідповідність матеріалу труб умовам експлуатації, порушення умов прокладання трубопровідних систем у відповідних ґрунтах, агресивний характер вод, корозію стінок, надлишкові напори, різкі сезонні перепади температур та інші чинники.

Основними видами ушкоджень (дефектів), що спричиняють аварії на водопровідних мережах, є: для сталевих труб - наскрізні проржавіння, свищі (до 70% з досвіду Київського водогону); для чавунних труб - порушення герметичності розтрубних з'єднань (до 12%) і переломи труб (16%). Переважна кількість пошкоджень припадає на труби малих діаметрів (до 200 мм), що становить близько 75% їх загальної кількості.

Тенденції останніх років вказують на те, що комунальними службами міст-мегаполісів різних країн дедалі більша увага приділяється питанням

використання перспективних безтраншейних технологій відновлення (санації) та прокладання водопровідних і водовідвідних мереж, що є альтернативою відкритому способу реконструкції та прокладання трубопроводів.

Під безтраншейними технологіями розуміються технології прокладання, заміни, ремонту, інспекції та виявлення дефектів у підземних комунікаціях різного призначення з мінімальним розкриттям земної поверхні.

1.3 Обгрунтування теми кваліфікаційної роботи

Зараз проблема енергоефективності набуває особливої актуальності в умовах зростання уваги до сталого розвитку та раціонального використання енергоресурсів. Водопостачальні системи є ключовою складовою як міської інфраструктури, так і внутрішньогосподарської і підвищення їхньої ефективності може забезпечити значні економічні та екологічні переваги.

Проблема зростання енерговитрат на функціонування систем водопостачання стає все більш нагальною. Оптимізація роботи насосів може значно скоротити енергоспоживання та знизити експлуатаційні витрати. Впровадження сучасних технологій автоматизації та управління здатне суттєво покращити проектування та експлуатацію водопостачальних систем. Розробка електричної схеми управління насосами є ключовим елементом для досягнення цієї мети.

Робота над таким проектом надає можливість здобути практичні навички в галузі електротехніки, автоматизації та управління енергоспоживанням, що є цінним для професійного розвитку. Збільшення енергоефективності водопостачальних систем сприяє сталому розвитку, що особливо важливо в контексті зростання уваги до проблем кліматичних змін та енергетичної ефективності. Таке обґрунтування підкреслює важливість теми та вказує на практичну значущість і перспективи дослідження.

Враховуючи наведені аргументи, можна сформулювати тему кваліфікаційної роботи так: «Модернізація системи водопостачання виробничих приміщень з розробкою електричної схеми управління насосами».

2 МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВНУТРІШНІХ ВОДОПРОВОДІВ

2.1 Система внутрішнього водопостачання

Внутрішній водопровід включає трубопроводи та інженерне обладнання, призначене для подачі води з зовнішніх мереж до всіх внутрішніх точок водозабору, технологічного обладнання та пожежних кранів. Водопровідні системи будівель повинні забезпечувати споживачів водою необхідної якості, в потрібній кількості та під потрібним тиском. Встановлення внутрішніх водопроводів зазвичай проводиться в будівлях, які підключені до централізованої або місцевої каналізації.

Трубопроводи. Основним елементом водопровідної системи є труби, які повинні забезпечувати пропускання необхідного обсягу води, витримувати робочий тиск, мати тривалий термін експлуатації, низький гідравлічний опір, невелику вагу та вартість, а також не впливати на якість води.

Види труб. Для внутрішніх водопровідних систем використовуються сталеві, пластмасові, металопластикові, чавунні, мідні, азбестоцементні та скляні труби. Вибір матеріалу труб залежить від вимог до якості води, її температури, тиску та інших характеристик.

1. Сталеві труби. Переваги: міцність, невелика вартість, простота монтажу, можливість згинання та зварювання. Для внутрішніх мереж використовують водогазопровідні труби звичайні та легкі діаметром 10-150 мм, розраховані на умовний тиск до 1 МПа. Для питного водопроводу рекомендуються оцинковані труби, які менше піддаються корозії. Основним недоліком є забруднення води цинком і залізом.

2. Пластмасові труби. Переваги: менша вага, простота транспортування, швидкість монтажу, висока електро-, гідро-, звуко- та теплоізоляційність, незначні тепловтрати при транспортуванні гарячої води. Недоліки - менша механічна міцність, більший коефіцієнт лінійного розширення, чутливість до ультрафіолетового випромінювання.

3. Металопластикові труби. Переваги - поєднують властивості металевих та пластмасових труб, витримують більший тиск (до 4 МПа), більш стійкі до перепадів температур, мають низький коефіцієнт лінійного розширення. Використання: для відповідальних мереж.

4. Мідні труби. Переваги - довговічність, антикорозійна стійкість, витримують високі та низькі температури, стійкість до ультрафіолетового випромінювання, антибактерицидні властивості. Використовуються у водопроводах та системах опалення.

5. Чавунні та азбестоцементні труби. Використання - для підземних мереж.

Способи з'єднання труб

З'єднання труб здійснюється різними методами: механічним, зварним, клейовим. Механічні з'єднання включають затискні, розтрубні, фланцеві та різьбові з'єднання. Зварні з'єднання базуються на поєднанні розігрітих поверхонь елементів. Клейові з'єднання вимагають спеціального клею та точного дотримання інструкцій виробника. Правильне виконання з'єднань є важливим для забезпечення надійного функціонування водопровідної системи. З'єднання мають бути міцними, герметичними і довговічними, як і самі труби.

Внутрішні водопровідні системи є важливою частиною інженерного обладнання будівель, що забезпечують споживачів водою необхідної якості та кількості. Вибір матеріалів та правильне виконання з'єднань мають велике значення для надійної та довготривалої експлуатації водопроводу.

2.2 Визначення розрахункових витрат води у внутрішніх системах водопостачання

Системи водопостачання забезпечують надходження води до водоспоживачів або вмонтованих санітарно-технічних приладів. Під час проектування внутрішніх систем водопостачання застосовують показники секундних, годинних та добових витрати води.

Максимальна секундна витрата води на ділянці водопровідної мережі,

обчислюється за формулою:

$$q = 5q_0 \cdot \alpha \qquad (2.1)$$

де α — коефіцієнт, який визначається за будівельними нормами [14], залежно від кількості сантехнічних приладів N, які належать до ділянки мережі що розраховується, та можливості їх одночасної роботи P; q_0 - секундна витрата води, л/с, стосовно одного приладу. Вирізняють q_o^{hot} - загальна секундна витрата (холодної і гарячої) води; q_o^h - гарячої; q_o^c - холодної.

• Секундні витрати води для різних приладів, визначають, за формулою:

$$g_0 = \frac{\sum N_i P_i g_{0i}}{\sum N_i P_i} \qquad (2.3)$$

де N_i — кількість водорозбірних приладів однакового типу; q_{0i} — загальна секундна витрати води, л/с, водорозбірною арматурою (приладами) (табл. 2.2);

Таблиця 2.1- Нормативні характеристики водорозбірної арматури

Назва	Секундна витрата , л/с		Годинна витрата л/год		Робочий Напір, H_{f_M}	Витрати стічних вод від приладу	Номінальний діаметр труб, мм	
	загальні, q_0^{tot}	Холодної q_0^c або гарячої q_0^h	Загальні $q_0^{tot}{}_{hr}$	Холодної $q_0^c{}_{hr}$ або гарячої $q_0^h{}_{hr}$			підвідних	відвідних
Кран біля мийки (раковини)	0,15	0,15	50	50	2	0,3	10	40
Змішувач (кухонна мийка)	0,12	0,09	80	60	2	0,6	10	40
Змішувач (умивальник)	0,12	0,09	60	40	2	0,15	10	32
Змішувач у ванні	0,25	0,18	300	200	3	0,8	10	40
Умивальник з краном	0,1	-0,1	30	-30	2	0,15	10	32
Змішувач душової кабінки	0,12	-0,09	100	-60	3	0,2	10	50
Аналогічно в групових установках	0,2	-0,14	500	270 230	3	0,2	10	50
Клапан зливного бачка	0,1	-0,1	83	-83	2	1.6	8	85
Кран біде	1,4	- 1,4	81	-81	4	1,4	-	85
Кран для поливу	0,3	0,3 0,2	1080	1080 720	2	0.3	15	-

Розраховуючи витрату води q_0 для кільцевої мережі її в цілому і приймають однаковою для всіх ділянок.

Значення коефіцієнта α при N ·P > 0,0015 розраховують використовуючи вираз:

$$\alpha = 0{,}2+0{,}777(NP- 0{,}015)^{0{,}686} \quad (2.4)$$

Годинна витрата води $q_{0\ hr}$($q_{0\ hr}^{tot}$; $q_{0\ hr}^{h}$; $q_{0\ hr}^{c}$), л/год, визначається:

а) при однакових водоспоживачах - за Табл. 2.2;

б) в усіх інших випадках за формулою:

$$q_{0,hr} = \frac{\sum N_i \cdot P_{hr,i} \cdot q_{0,hr,i}}{\sum N_i \cdot P_{hr,i}} \quad (2.5)$$

Враховуючи можливість одночасної роботи сантехнічних приладів системи розраховується за формулою:

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0,hr}}; \quad (2{,}6)$$

Середні годинні витрати води q_r, за добу або зміну при максимальному водоспоживанні Т, м^3/год:

$$q_t = \frac{\sum q_{u,i} \cdot U_i}{1000 \cdot T}; \quad (2.7)$$

де *i* - порядковий номер категорії водоспоживачів; U. - число водоспоживачів у і-тій категорії; $q_{u,i}$. —норма споживання води і-тим споживачем в добу, л; Т - тривалість, год.

Добова витрата води це сума витрат води всіма споживачами, при цьому враховується витрата на полив. Добова витрата води у житловій будівлі Q_u, м^3/добу, це необхідне значення при визначенні об’ємів напірних і безнапірних регулюючих баків.

$$Q_u = \frac{\sum q_{u,i} \cdot U_i}{1000}; \quad (2.8)$$

За умови що всі споживачі однієї категорії, то добові витрати води в приміщенні:

$$Q_u = \frac{q_u \cdot U}{1000}; \qquad (2.9)$$

Таблиця 2.2 - Норма споживання води в житлових і громадських приміщеннях

Категорія споживачів	Одиниця	Норми витрати води, л.				Витрата води приладом, л/с (л/год)	
		В добу максимального водоспоживання		В годину максимального водоспоживання			
		загальні (холод	гарячої	загальні	гарячої	загальні	холодної або гарячої
Будинки обладнані водопроводом і каналізацією (без ванни)	1 мешканець	120		6,5		0,2 (50)	0,2 (50)
Аналогічно з ваннами і газовими нагрівачами	1 мешк	225	-	10,5	-	0,3 (300)	0,3 (3000
Аналогічно з багатоточковим водорозбором	1 мешканець	250		13		0,3 (300)	0,3 (300)
Будинки обладнані централізованим гарячим водопостачанням (душ)	1 мешканець	230	100	12,5	7,9	0,2(100)	0,14(60)
Аналогічно з ваннами, обладнаними душовими	1 мешк	300	120	15,6	10,0	0,3 (300)	0,2 (200)
Лікарні	1	115	75	8,4	5,4	0,2 (100)	0,14 (60)
Дитячі садки та ясла	1	105	35	18	8	0,2(100)	0,14(60)
Школи	1	11,5	3,5	3,1	1	0,14(100)	0,1 (60)
Лазня	1 відвід	180	120	180	120	0,2(180)	0,2 (180)
Адмінбудівлі	1 особа	16	7	4	2	0,14(80)	0,1 (60)

3. РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Визначення та підбір діаметру трубопроводу

Під час розрахунку діаметру трубопроводу приймаємо значеня швидкості руху води в трубопроводі (від 0,5 до 3,5 м/с) і визначаємо теоретичні діаметри трубопроводів за формулою:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\max}}{\pi \cdot v}} \quad , \quad d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 125}{3{,}14 \cdot v \cdot 3600}} = 0{,}21\sqrt{\frac{1}{v}} = \frac{0{,}21}{\sqrt{v}}(м)$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 3.1 (з урахування прийнятих значень швидкості руху рідин)

Таблиця 3.1 – Розраховані діаметри труб для різних значень швидкості

Швидкість руху рідини, м/с	0,52	1,01	1,52	2,03	2,52	3,07	3,52
Діаметр труб, d_p, м	0,296	0,211	0,173	0,148	0,134	0,122	0,114

3.2. Визначення річних витрат для кожного виду трубопроводу

Для кожного діаметру d_p розраховуємо витрати за рік по формулі:

$$S_n = S_э + 0{,}2S_k \ ,$$

де $S_э$ - експлуатаційні витрати, грн.;

S_k - сума капіталовкладень, грн.;

0,2 – нормативний коефіцієнт.

Експлуатаційні витрати на обслуговування трубрппроводів будуть рівними сумі вартості електроенергії і амортизаційних відрахувань

$$S_э = S_{ам} + S_{эл} \ .$$

Капіталовкладення з урахуванням вартості труб $(S_{тр})$ і монтажу трубопроводу $(S_м)$:

$$S_k = S_{тр} + S_м \ .$$

Ціна 1 т труб ДСТУ 8936:2019 приймається рівною 44000 грн. Тоді вартість буде рівна:

$$, S_{пр}=44000 \cdot m$$

де m - маса труб, т.

Необхідну кількість водопровідних труб визначаємо по формулі:

$$m = 7{,}8\frac{\pi}{4}\left[\left(d_p + 2\delta\right)^2 - d_p^2\right]\sum l \ ,$$

де δ=5мм - товщина стінки труби;

$\sum l$ - сумарна довжина всіх ділянок водопровідної мережі $м$;

7,8 – густина матеріалу трубопроводу, т/ $м^3$.

Вартість монтажу приймаємо 30% від вартості труб:

$$S_м = 0{,}3S_{тр} \text{, грн.}$$

Відрахування на амортизацію знаходимо за формулою для кожного діаметра труб окремо:

$$S_{ам} = \frac{S_к}{t_c} \ ,$$

де $t_c = 10-$ експлуатаційний строк служби труб.

Вартість електроенергії розраховуємо по формулі:

$$S_{эл} = 0{,}16 \cdot n_c \cdot n_r \cdot N_n \ ,$$

де 0,56 – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.;

N_n - встановлена потужність, кВт.

Потокова потужність знаходиться за формулою:

$$N_n = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} \ ,$$

де $H_н$ - напір насоса

$$H_н = H_r + H_{св} + aQ_{\max}^2 \ ,$$

де $H_r = \left(z_E - z_A\right)$ - геометрична відмітка $м$;

a - коефіцієнт опору системи трубопроводу, $с^2/м^5$,

$$a = A_{дл} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi \ ,$$

де $A_{дл}$ - питомий опір $с^2/м^6$;

$A_м$ - місцевий опір $с^2/м^5$;

$\sum \xi$ - сума коефіцієнтів усіх місцевих опорів.

3.2 Розрахунок чисельних показників приведених витрат S_n для труб $d_р = 0{,}297м$ (за умови $v = 0{,}5м/с$):

3.2.1 Необхідна кількість труб:

$$m = 7{,}8\frac{3{,}14}{4}\left[\left(0{,}297 + 2 \cdot 0{,}005\right)^2 - 0{,}297^2\right] \cdot \left(580 + 850 + 380 + 770\right) = 0{,}95 \text{ т.}$$

3.2.2 Вартість труби:

$$S_{òð} = 1300 \cdot m = 1300 \cdot 0{,}95 = 1242 \text{ грн.}$$

3.2.3 Вартость монтажу:

$$S_ì = 0{,}3 \cdot S_{òð} = 0{,}3 \cdot 1242 = 372{,}6 \text{ грн.}$$

3.2.4 Розрахунок капіталовкладень:

$$S_k = S_{òð} + S_ì = 1242 + 372{,}6 = 1614{,}6 \text{ грн.}$$

3.2.5 Відрахування на амортизаці.:

$$S_{àì} = \frac{S_k}{t_c} = \frac{1614{,}6}{10} = 161{,}46 \text{ грн.}$$

3.2.6 Розрахунок коефіцієнта гідравлічного тертя

$$\lambda = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{d_р}{K_э}\right)^2} = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{0{,}297}{0{,}0004}\right)^2} = 0{,}0179,$$

де $K_э$ - шорсткість труб (0,4 мм).

3.2.7 Питомий опір труб:

$$A_{дл} = \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g \cdot d_p^5} = \frac{8 \cdot 0{,}0179}{3{,}14^2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}297^5} = 0{,}635 с^2/м^6 .$$

3.2.8 Розрахунок значення місцевого опору:

$$A_м = \frac{8}{\pi^2 \cdot g \cdot d_p^4} = \frac{8}{3{,}14 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}297^4} = 10{,}569 с^2/м^5 .$$

3.2.9 Загальний опір трубопроводу:

$$a = A_{дл} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 0{,}635 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 10{,}569 \cdot 7{,}59 = 1717{,}6 с^2/м^5 .$$

$$\sum \xi = 6\xi_{кол} + 2\xi_{зад\,5/8} + 2\xi_{зад\,7/8} = 6 \cdot 0{,}29 + 2 \cdot 2{,}5 + 2 \cdot 0{,}425 = 7{,}59$$

3.2.10 Максимальний тис насоса:

$$H_н = H_г + H_{св} + aQ_{\max}^2 = (z_E - z_A) + 56 + 1717{,}6\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 74{,}071 м.$$

3.2.11 Потокова потужність:

$$N_п = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} = \left(1000 \cdot 9{,}81 \cdot 74{,}071 \cdot \frac{125}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 25{,}23 \text{ кВт.}$$

3.2.12 Вартість електроенергії:

$$S_{эл} = 0{,}16 \cdot 24 \cdot 300 \cdot 25{,}23 = 29065{,}4 \text{ грн.}$$

3.2.13 Експлуатаційні витрати:

$$S_{ý} = S_{àì} + S_{ýë} = 161{,}46 + 29065{,}4 = 292268{,}6 \text{ грн.}$$

3.2.14 Приведені витрати за рік:

$$S_n = S_{ý} + 0,2S_{ê} = 292268,6 + 0,2 \cdot 1614,6 = 292591,52 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат S_n для труб $d_p = 0,21м$ (при $v = 1,0 м/с$) проводимо аналогічно:

3.3.1 $m = 7,8\frac{3,14}{4}\left[(0,21 + 2 \cdot 0,005)^2 - 0,21^2\right] \cdot (580 + 850 + 380 + 770) = 68,03$ т

3.3.2 $S_{тр} = 1300 \cdot m = 1300 \cdot 68,03 = 88436,2$ грн.

3.3.3 $S_м = 0,3 \cdot S_{тр} = 0,3 \cdot 88436,6 = 26530,9$ грн.

3.3.4 $S_k = S_{тр} + S_м = 88436,2 + 26530,9 = 114967,1$ грн.

3.3.5 $S_{ам} = \frac{S_k}{t_c} = \frac{114967,1}{10} = 11496,7$ грн.

3.3.6 $\lambda = \frac{1}{\left(1,74 + 2\lg\frac{d_p}{K_э}\right)^2} = \frac{1}{\left(1,74 + 2\lg\frac{0,21}{0,0004}\right)^2} = 0,0194$

3.3.7 $A_{ол} = \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g \cdot d_p^5} = \frac{8 \cdot 0,0194}{3,14^2 \cdot 9,81 \cdot 0,21^5} = 3,897 c^2/м^6$

3.3.8 $A_м = \frac{8}{\pi^2 \cdot g \cdot d_p^4} = \frac{8}{3,14 \cdot 9,81 \cdot 0,21^4} = 42,275 c^2/м^5$

3.3.9

$a = A_{ол} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 3,897 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 42,275 \cdot 7,59 = 10376,1 c^2/м^5$.

3.3.10 $H_н = H_r + H_{св} + aQ_{\max}^2 = (z_E - z_A) + 56 + 10376,1\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 84,51м.$

3.3.11 $N_n = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} = \left(1000 \cdot 9{,}81 \cdot 84{,}51 \cdot \frac{125}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 28{,}79$ кВт.

3.3.12 $S_{эл} = 0{,}16 \cdot 24 \cdot 300 \cdot 28{,}79 = 33161{,}6$ грн.

3.3.13 $S_э = S_{ам} + S_{эл} = 114967 + 33161{,}6 = 44658{,}3$ грн.

3.3.14 $S_п = S_э + 0{,}2 S_к = 44658{,}3 + 0{,}2 \cdot 114967{,}1 = 67651{,}8$ грн.

Розрахунок витрат S_n для трубопроводу $d_р = 0{,}172 м$ (при $v = 1{,}5 м/с$) $d_р = 0{,}172 м$ $v = 1{,}5 м/с$ проводимо аналогічно:

3.4.1 $m = 7{,}8 \frac{3{,}14}{4}\left[(0{,}172 + 2 \cdot 0{,}005)^2 - 0{,}172^2\right] \cdot (580 + 850 + 380 + 770) = 55{,}83$ т.

3.4.2 $S_{тр} = 1300 \cdot m = 1300 \cdot 55{,}83 = 72584{,}7$ грн.

3.4.3 $S_м = 0{,}3 \cdot S_{тр} = 0{,}3 \cdot 72584{,}7 = 21775{,}4$ грн.

3.4.4 $S_k = S_{тр} + S_м = 72584{,}7 + 21775{,}4 = 94360{,}2$ грн.

3.4.5 $S_{ам} = \frac{S_k}{t_c} = \frac{94360{,}2}{10} = 9436$ грн.

3.4.6 $\lambda = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{d_р}{K_э}\right)^2} = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{0{,}172}{0{,}0004}\right)^2} = 0{,}0204$

3.4.7 $A_{дл} = \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^5} = \frac{8 \cdot 0{,}0204}{3{,}14^2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}172^5} = 11{,}287 с^2/м^6$

3.4.8 $A_м = \frac{8}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^4} = \frac{8}{3{,}14 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}172^4} = 95{,}119 с^2/м^5$

3.3.9

$a = A_{дл} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 11{,}287 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 95{,}119 \cdot 7{,}59 = 29841{,}4 с^2/м^5$.

3.4.10 $H_н = H_г + H_{св} + aQ_{\max}^2 = (z_E - z_A) + 56 + 29841{,}4\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 107{,}978 м.$

3.4.11 $N_п = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} = \left(1000 \cdot 9{,}81 \cdot 107{,}978 \cdot \frac{125}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 36{,}78$ кВт

3.4.12 $S_{эл} = 0{,}16 \cdot 24 \cdot 300 \cdot 36{,}79 = 42370{,}5$ грн.

3.3.13 $S_э = S_{ам} + S_{эл} = 9436 + 42370{,}5 = 51806{,}5$ грн.

3.3.14. $S_п = S_э + 0{,}2S_к = 51806{,}5 + 0{,}2 \cdot 94360{,}2 = 70678{,}6$ грн.

Розрахунок витрат $S_п$ для труб $d_р = 0{,}149 м$ $(v = 2{,}0 м/с)$ провиться аналогічно:

3.3.1 $m = 7{,}8\frac{3{,}14}{4}\left[(0{,}149 + 2 \cdot 0{,}005)^2 - 0{,}149^2\right] \cdot (580 + 850 + 380 + 770) = 48{,}57$ т.

3.5.2 $S_{тр} = 1300 \cdot m = 1300 \cdot 48{,}57 = 63135{,}4$ грн.

3.5.3 $S_м = 0{,}3 \cdot S_{тр} = 0{,}3 \cdot 63135{,}4 = 18940{,}6$ грн.

3.5.4. $S_к = S_{тр} + S_м = 63135{,}4 + 18940{,}6 = 82076$ грн.

3.5.5 $S_{ам} = \frac{S_к}{t_с} = \frac{82076}{10} = 8207{,}6$ грн.

3.5.6 $\lambda = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{d_р}{K_э}\right)^2} = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{0{,}149}{0{,}0004}\right)^2} = 0{,}0211$

3.5.7 $A_{дл} = \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^5} = \frac{8 \cdot 0{,}0211}{3{,}14^2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}149^5} = 24{,}018 с^2/м^6$

3.5.8 $A_м = \frac{8}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^4} = \frac{8}{3{,}14 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}149^4} = 169{,}101 с^2/м^5$

3.5.9

$a = A_{дл} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 24{,}018 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 169{,}101 \cdot 7{,}59 = 63250{,}5 с^2/м^5$.

3.5.10 $H_н = H_г + H_{св} + aQ^2_{\max} = (z_E - z_A) + 56 + 63250{,}5\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 148{,}257 м.$

3.5.11 $N_n = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} = \left(1000 \cdot 9{,}81 \cdot 148{,}257 \cdot \frac{125}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 50{,}5$ кВт

3.5.12 $S_{эл} = 0{,}16 \cdot 24 \cdot 300 \cdot 50{,}5 = 58176$ грн.

3.513 $S_э = S_{ам} + S_{эл} = 8207{,}6 + 58176 = 66383{,}6$ грн.

3.5.14. $S_п = S_э + 0{,}2S_к = 66383{,}6 + 0{,}2 \cdot 82076 = 82798{,}8$ грн.

Розрахунок витрат S_n для труб $d_p = 0{,}133 м$ (при $v = 2{,}5 м/с$) проводимо аналогічно:

3.6.1 $m = 7{,}8\frac{3{,}14}{4}\left[(0{,}133 + 2 \cdot 0{,}005)^2 - 0{,}133^2\right] \cdot (580 + 850 + 380 + 770) = 43{,}61$ т.

3.6.2 $S_{тр} = 1300 \cdot m = 1300 \cdot 43{,}61 = 56686{,}8$ грн.

3.6.3 $S_м = 0{,}3 \cdot S_{тр} = 0{,}3 \cdot 56686{,}8 = 17006$ грн.

3.6.4 $S_k = S_{тр} + S_м = 56686{,}8 + 17006 = 73692{,}8$ грн.

3.6.5 $S_{ам} = \frac{S_k}{t_c} = \frac{73692{,}8}{10} = 7369{,}3$ грн.

3.6.6 $\lambda = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{d_p}{K_э}\right)^2} = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{0{,}133}{0{,}0004}\right)^2} = 0{,}0217$

3.6.7 $A_{дл} = \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g \cdot d_p^5} = \frac{8 \cdot 0{,}0217}{3{,}14^2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}133^5} = 43{,}165 с^2/м^6$

3.6.8 $A_м = \frac{8}{\pi^2 \cdot g \cdot d_p^4} = \frac{8}{3{,}14 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}133^4} = 264{,}22 с^2/м^5$

3.6.9 $a = A_{дл} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 43{,}165 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 264{,}22 \cdot 7{,}59 = 113372{,}4 с^2/м^5$.

3.6.10 $H_н = H_г + H_{св} + aQ^2_{\max} = (z_E - z_A) + 56 + 113372{,}4\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 208{,}685 м.$

3.6.11 $N_n = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} = \left(1000 \cdot 9{,}81 \cdot 208{,}685 \cdot \frac{125}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 71{,}08$ кВт

3.6.12 $S_{эл} = 0{,}16 \cdot 24 \cdot 300 \cdot 71{,}08 = 81888{,}2$ грн.

3.6.13 $S_э = S_{ам} + S_{эл} = 7369{,}3 + 81888{,}2 = 89257{,}5$ грн.

3.6.14 $S_п = S_э + 0{,}2S_к = 89257{,}5 + 0{,}2 \cdot 736928 = 103996$ грн.

Розрахунок витрат $S_п$ для труб $d_р = 0{,}121м$ ($v = 3{,}0 м/с$) проводимо аналогічно:

3.7.1

$$m = 7{,}8\frac{3{,}14}{4}\left[(0{,}121 + 2 \times 0{,}005)^2 - 0{,}121^2\right] \times (580 + 850 + 380 + 770) = 39{,}94 \text{ т.}$$

3.7.2 $S_{тр} = 1300 \cdot m = 1300 \cdot 39{,}94 = 51926{,}7$ грн.

3.7.3 $S_м = 0{,}3 \cdot S_{тр} = 0{,}3 \cdot 51926{,}7 = 15578$ грн.

3.7.4 $S_k = S_{тр} + S_м = 51926{,}7 + 15578 = 67504{,}7$ грн.

3.7.5 $S_{ам} = \frac{S_k}{t_c} = \frac{67504{,}7}{10} = 6750{,}5$ грн.

3.7.6 $\lambda = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{d_р}{K_э}\right)^2} = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{0{,}121}{0{,}0004}\right)^2} = 0{,}0222$

3.7.7 $A_{дл} = \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^5} = \frac{8 \cdot 0{,}0222}{3{,}14^2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}121^5} = 69{,}709 с^2/м^6$

3.7.8 $A_м = \frac{8}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^4} = \frac{8}{3{,}14 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}121^4} = 380{,}477 с^2/м^5$

3.7.9

$$a = A_{дл} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 69{,}709 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 380{,}477 \cdot 7{,}59 = 182736{,}6 с^2/м^5.$$

3.7.10 $H_н = H_г + H_{св} + aQ_{\max}^2 = (z_E - z_A) + 56 + 1827366\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 292{,}313 м.$

3.7.11 $N_п = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} = \left(1000 \cdot 9{,}81 \cdot 292{,}313 \cdot \frac{125}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 99{,}57$ кВт

3.7.12 $S_{эл} = 0{,}16 \cdot 24 \cdot 300 \cdot 99{,}57 = 1147037$ грн.

3.7.13 $S_э = S_{ам} + S_{эл} = 6750{,}5 + 1147037 = 1214542$ грн.

3.7.14 $S_п = S_э + 0{,}2S_к = 1214542 + 0{,}2 \cdot 675047 = 1349551$ грн.

Розрахунок витрат $S_п$ для труб $d_р = 0{,}112 м$ (при $v = 3{,}5 м/с$):

3.3.1 $m = 7{,}8\frac{3{,}14}{4}\left[(0{,}112 + 2 \cdot 0{,}005)^2 - 0{,}112^2\right] \cdot (580 + 850 + 380 + 770) = 37{,}1$ т.

3.8.2 $S_{тр} = 1300 \cdot m = 1300 \cdot 37{,}1 = 48227{,}1$ грн.

3.8.3 $S_м = 0{,}3 \cdot S_{тр} = 0{,}3 \cdot 48227{,}1 = 14468{,}1$ грн.

3.8.4 $S_k = S_{тр} + S_м = 48227{,}1 + 14468{,}1 = 626952$ грн.

3.8.5 $S_{ам} = \frac{S_k}{t_c} = \frac{626952}{10} = 6269{,}5$ грн.

3.8.6 $\lambda = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{d_р}{K_э}\right)^2} = \frac{1}{\left(1{,}74 + 2\lg\frac{0{,}112}{0{,}0004}\right)^2} = 0{,}0227$

3.8.7 $A_{дл} = \frac{8\lambda}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^5} = \frac{8 \cdot 0{,}0227}{3{,}14^2 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}112^5} = 104{,}561 с^2/м^6$

3.8.8 $A_м = \frac{8}{\pi^2 \cdot g \cdot d_р^4} = \frac{8}{3{,}14 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}112^4} = 517{,}872 с^2/м^5$

3.8.9

$a = A_{дл} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 104{,}561 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 517{,}872 \cdot 7{,}59 = 273699{,}2\, с^2/м^5$.

3.8.10 $H_н = H_г + H_{св} + aQ^2_{\max} = (z_E - z_A) + 56 + 273699{,}2\left(\frac{125}{3600}\right)^2 = 401{,}981 м.$

3.8.11 $N_п = \rho \cdot g \cdot H_н \cdot Q_{\max} \cdot 10^{-3} = \left(1000 \cdot 9{,}81 \cdot 401{,}981 \cdot \frac{125}{3600}\right) \cdot 10^{-3} = 136{,}92$ кВт

3.8.12 $S_{эл} = 0{,}16 \cdot 24 \cdot 300 \cdot 136{,}92 = 157737{,}2$ грн.

3.8.13 $S_э = S_{ам} + S_{эл} = 6269{,}5 + 157737{,}2 = 164006{,}7$ грн.

3.8.14 $S_п = S_э + 0{,}2S_к = 164006{,}7 + 0{,}2 \cdot 62695{,}2 = 176545{,}8$ грн.

Таблиця 3.2 - Варіанти значень швидкості рідини, діаметру і витрати

№п/п	Швидкість v, $м/с$	Діаметр $d_р$, $м$	Загальні витрати, грн.				
			S_k	$S_{ам}$	$S_{эл}$	$S_э = S_{ам} + S_{эл}$	$S_п$
1	0,5	0,297	161472	16148,2	29065,4	45213,6	77510,0
2	1,0	0,210	114967	11496,7	33161,6	44658,3	67651,8
3	1,5	0,172	94360	9436,0	42370,5	51806,5	70678,6
4	2,0	0,149	82076	8207,6	58176,0	66383,6	82798,8
5	2,5	0,133	73693	7369,3	81888,2	89257,5	103996,0
6	3,0	0,121	67505	6750,5	114703,7	121454,2	134955,1
7	3,5	0,112	62695	6269,5	157737,2	164006,7	176545,8

Враховуючи данині таблиці 3.2. будується графік залежності $S_k = f(d)$, $S_э = f(d)$ і $S_п = f(d)$.

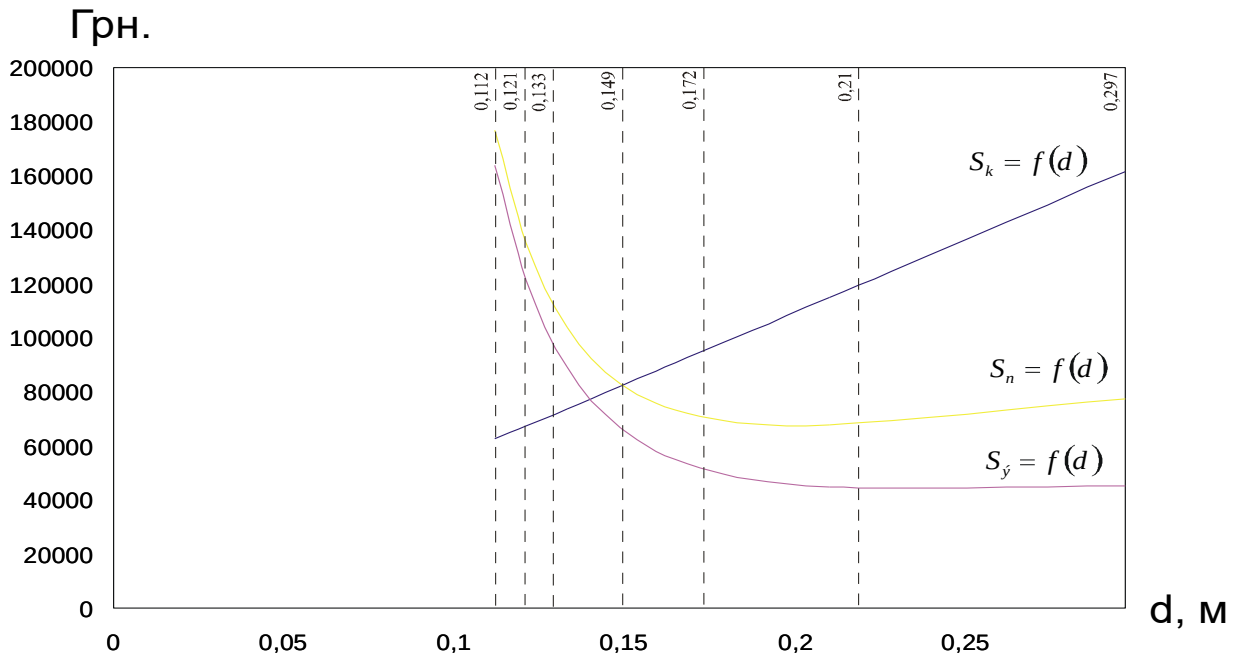


Рисунок 3.1 - Визначення діаметру трубопроводу графічним способом

З графіка залежностей видно, що оптимальний діаметр труб лежить в межах $0{,}22 \div 0{,}24 м$.

Приймаємо стандартний діаметр, який найближчий до розрахунковогшо. Для сталевих труб (ДСТУ 8936:2019) найближчий діаметр $d_{вн} = 0{,}227 м$, $d_{нар} = 0{,}245 м$, товщина стінки $\delta = 0{,}009 м$, $A_{ол} = 4{,}4 с^2/м^6$, $A_м = 31{,}3 с^2/м^5$.

Проводимо уточнення товщини труб по максимальному напору.

3.9.1 Максимальний напір у точці А рівний:

$$\frac{P_A}{\rho \cdot g} = H_{св} + (z_E - z_A) + H_{потAE}$$

де $H_{потAE} = aQ^2_{\max}$.

3.9.2 Опір трубопроводу для стандартного діаметру:

$$a = A_{ол} \cdot \sum l + A_м \cdot \sum \xi = 4{,}4 \cdot (580 + 850 + 380 + 770) + 31{,}3 \cdot 7{,}59 = 11589{,}6 с^2/м^5 .$$

$$H_{потAE} = 11589{,}6 \left(\frac{125}{3600} \right)^2 = 13{,}97$$

3.9.3. Максимальний тиску в точці А:

$$P_{A\max} = \rho \cdot g\left[H_{св} + \left(z_E - z_A\right) + H_{потAE}\right],$$

$$P_{A\max} = 1000 \cdot 9{,}81 \cdot \left[56 + \left(55 - 39\right) + 13{,}97\right] = 843365{,}7 \ \ н/м^2 .$$

приймаємо $P_{A\max} = 0{,}843$ МПа.

3.9.4 Мінімальне значення товщини труб:

$$\delta_{доп} = \frac{P_{\max} \cdot d_{вн}}{0{,}47 \cdot K_P} \text{ м}$$

де K_P - критична напруга на розтяг, Мпа (для сталевих труб K_P=380 МПа);

$$\delta_{доп} = \frac{0{,}843 \cdot 0{,}227}{0{,}47 \cdot 380} = 0{,}0011м,$$

Приймаємо товщину стінки труби $\delta = 0{,}009м$,

3.3 Визначення п'єзометричного і повного напору у кінцевих точках трубопроводу А і Е

3.3.1 Знаходимо п'єзометричний напір в точці А:

$$\frac{P_A}{\rho \cdot g} = H_{св} + \left(z_E - z_A\right) + H_{потAE} = 56 + \left(55 - 39\right) + 13{,}97 = 85{,}97м.$$

3.3.2 Знаходимо повний напір в точці А: $H_A = \frac{v_{опт}^2}{2g} + \frac{P_A}{\rho \cdot g} + z_A$,

де $v_{опт}$ - швидкість руху рідини, визначається

$$v_{опт} = \frac{4 \cdot Q_{\max}}{\pi \cdot d_{вн}^2} = \frac{4 \cdot \frac{125}{3600}}{3{,}14 \cdot 0{,}227^2} = 0{,}858м/с;$$

$$H_A = \frac{0{,}858^2}{2 \cdot 9{,}81} + 85{,}97 + 39 = 125м.$$

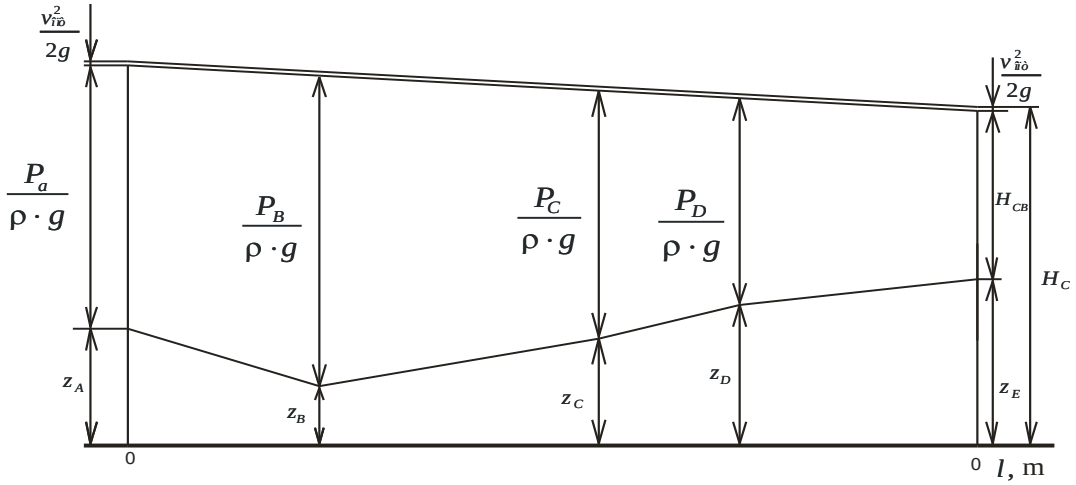
3.3.3 Знаходимо п'єзометричний напірв точці Е :

$$\frac{P_E}{\delta \cdot g} = H_{св} = 56м.$$

3.3.4. Знаходимо повний напір в точці Е:

$$H_E = \frac{v_{опт}^2}{2g} + H_{св} + z_E = \frac{0{,}858^2}{2 \cdot 9{,}81} + 56 + 55 = 117{,}4м.$$

За даними геодезичних відміток точок А, В, З, D, Е ($z_A = 39м$, $z_B = 18м$, $z_C = 35м$, $z_D = 46м$, $z_E = 55м$) і значень довжин ділянок між точками відкладаємо їх значення в масштабі від і будуємо лінію геометричних напорів. Аналогічно, в точках А і Е трубопроводу. З'єднавши їх вершини прямими матимемо лінії повного і статичного напорів. П'єзометричні напір в точках В, З, D визначається графічним шляхом.(Це різниця статичного і геометричного напорів у цих точках).



Мал. 3.2 - Графік зміни напору по довжині трубопроводу

3.4 Побудова напірної характеристики трубопроводу

Характеристика трубопроводу має вигляд:

$$H = H_r + H_{св} + aQ_{\max}^2$$

де $H_r = z_E - z_A$ - геодезична відмітка, м;

a - опір трубопроводу $с^2/м^5$.

За довільними значеннями витрати Q від 0 до розрахованого максимального значення, розраховуємо Н і будуємо характеристику трубопроводу.

Таблиця 3.2 - Значення **Н** при різних значеннях витратах рідини

Q, $м^3/ч$	0	30	50	80	100	125
H, $м$	72,2	72,78	75,2	80,75	89,8	103,75

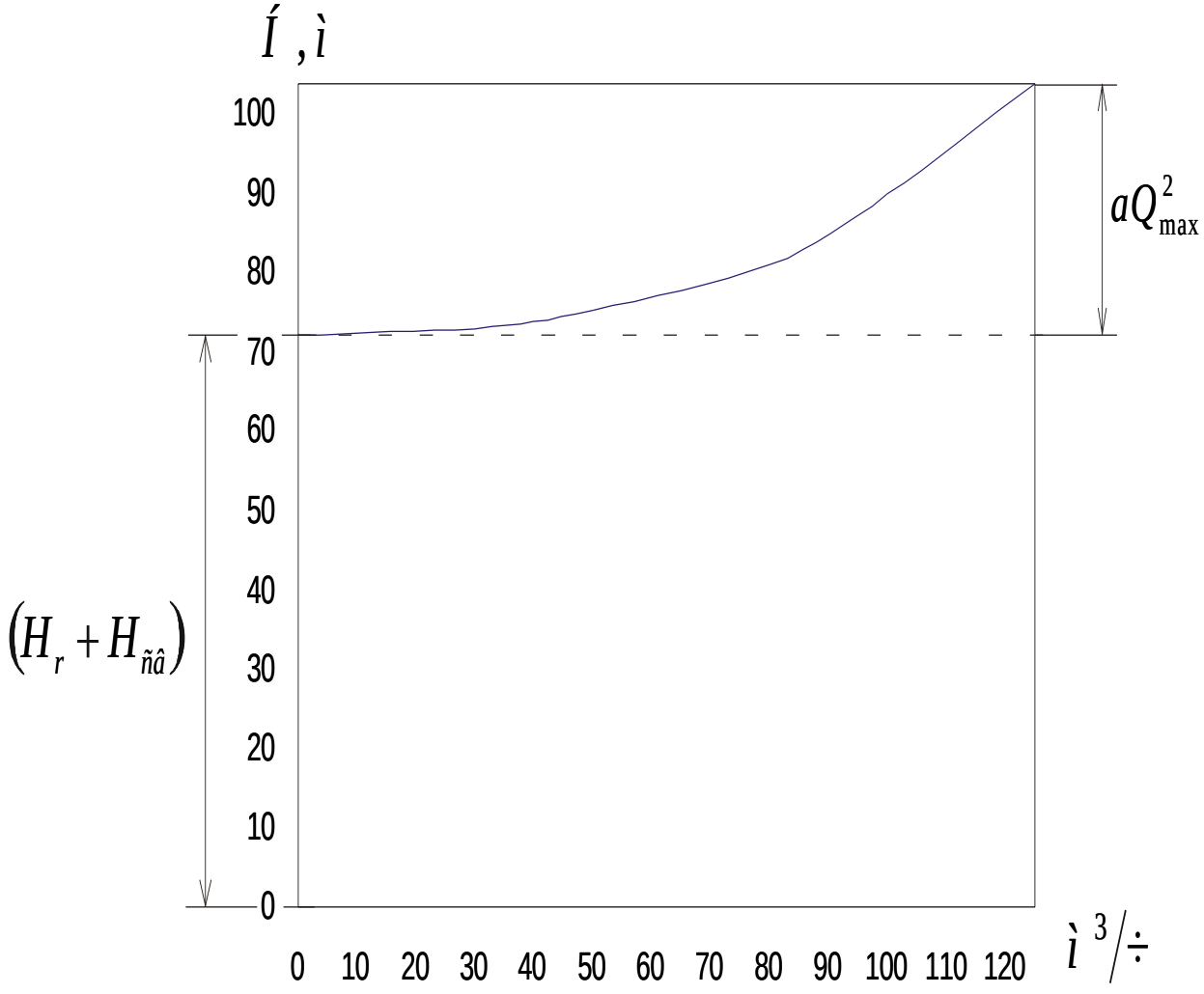


Рисунок 3.3 - Напірна характеристика трубопроводу

3.5 Вибір схеми включення насосів

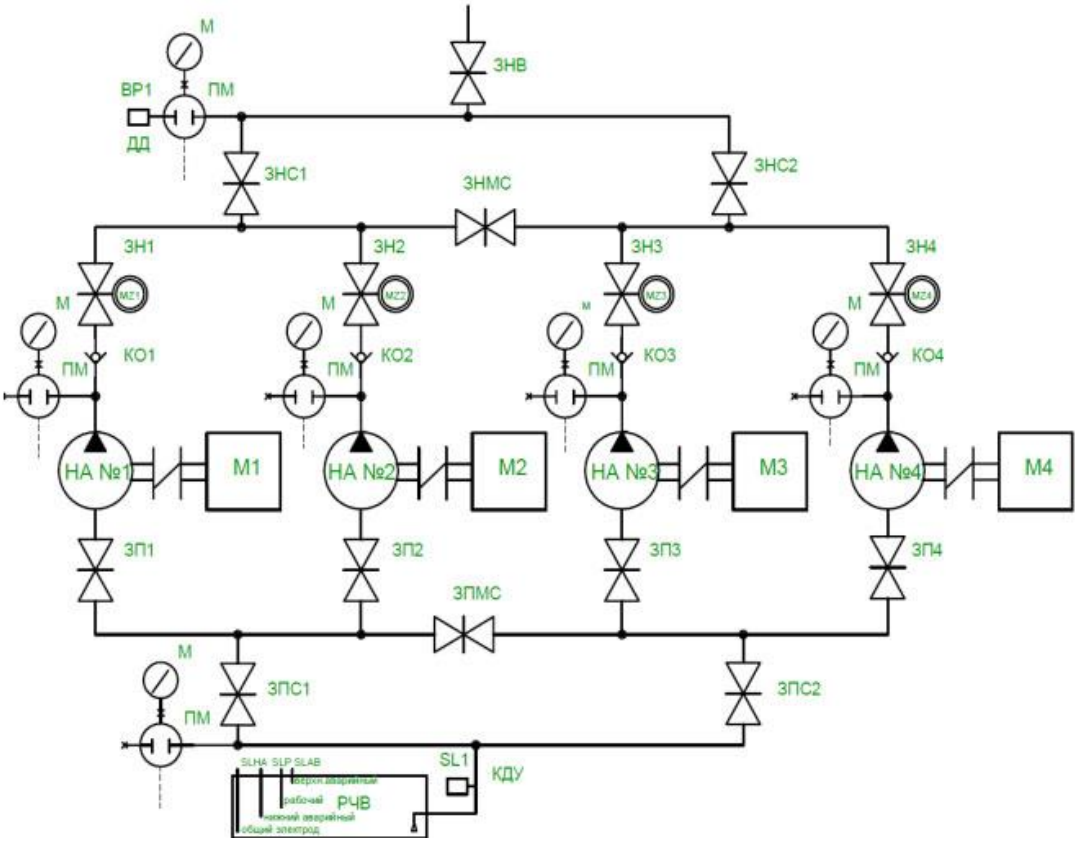


Рисунок 3.4 - Гідравлічна схема насосної станції

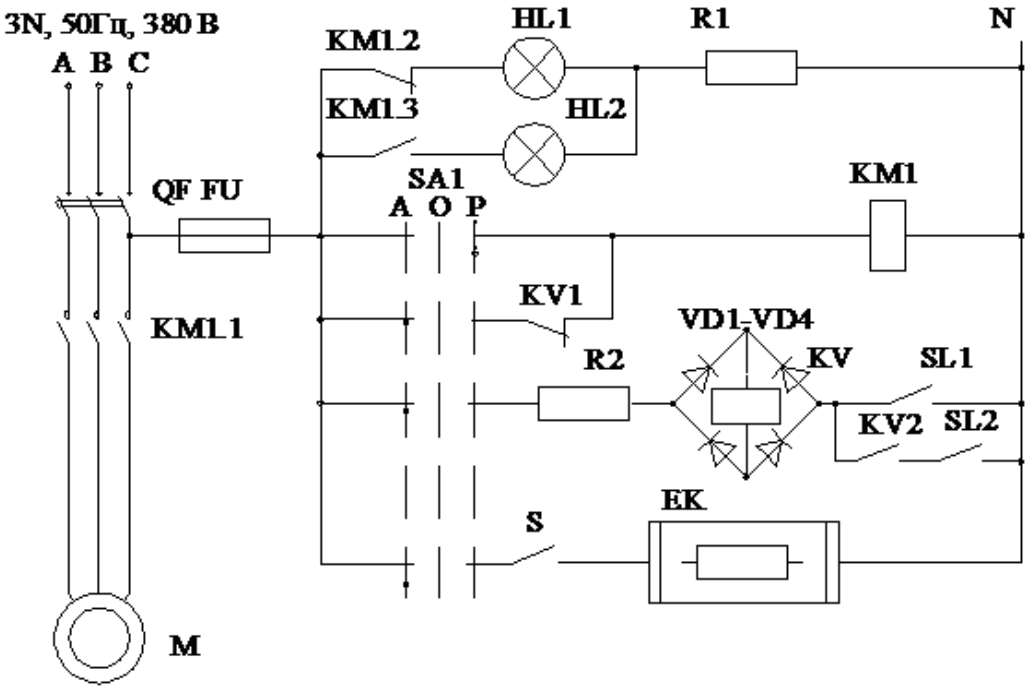


Рисунок 3.5 - Принципова електрична схема керування водонасосною установкою по рівню води в башті (станція керування ПЕТ)

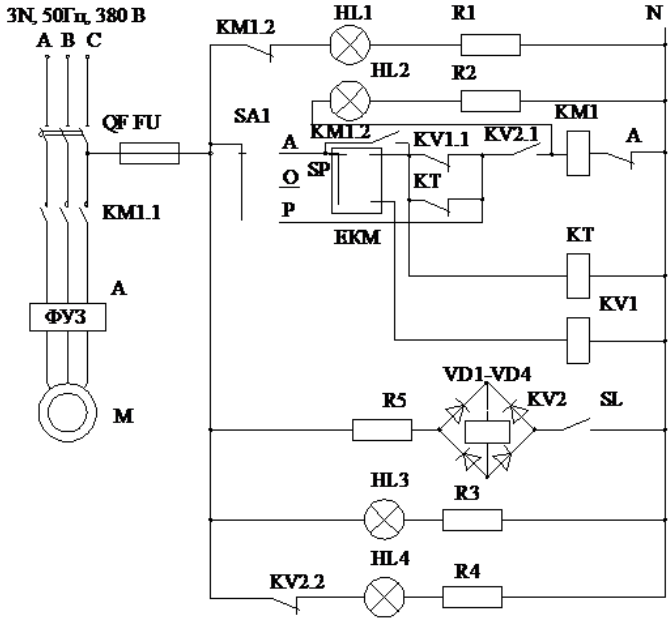


Рисунок 3.6 - Принципова електрична схема керування електронасосним агрегатом по тиску води в напірному трубопроводі

Під часроботи в автоматичному режимі в момент зниження тиску і водорозборі при непрацюючому насосі рухомий стрілочний контакт манометра SP буде рухатися до нерухомого контакту 1, що відповідає за вмикання насоса при заданому значенні тиску Р1, і при змиканні контактів пускач КМ заживить електродвигун насоса, а контактами КМ2 зайде в режим самоблокування. Про запуск насосного агрегату відповідає лампа HL2. Під час запуску насосного агрегату в напірному трубопроводі тиск збільшується миттєво. Рухомий контакт манометра SP короткотерміново контактуватиме з контактом 2, реле KV1 розімкне контакти котушки магнітного пускача КМ, без відключення, тому що її живлення відбувається за допомогою реле часу КТ. Після виходу насосного агрегату на робочий режим і стабілізації тиску реле часу розімкне контакти КТ. Під час підйому рівня води в напірному баку до зазначеного рівня, що відповідатиме величині тиску від’єднання від мережі Р2, рухомий контакт манометра SP замкне контакт 2, надасть напругу живлення до котушки реле KV1, і при розмиканні контактів KV1.1, роз’єднає живлення магнітного пускача КМ електродвигуна приводу насоса. При зниженні рівня води в напірному баку величина тиску падає, а контакт SP повторно замкне контакт 1. Робота схеми повториться.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Техніка безпеки та вимоги електробезпеки

Під час експлуатації електричних установок повинні виконуватися вимоги техніки безпеки, а саме:

1. Пристрій і експлуатація електроустановок повинні відповідати діючим правилам технічної експлуатації і правилам техніки безпеки при експлуатації електричних установок промислових підприємств та навчальних закладів.

2. Всі доступні до дотику струмоведучі частини електрообладнання повинні бути надійно огородженні.

3. Пускова (рубильники, вимикачі, магнітні пускачі, реостати і т.д.) і захисна (запобіжники, автомати і т.д.) апаратура повинна бути закритого типу, щоб виключити можливість дотику до струмоведучих частин.

4. Металеві частини електрообладнання, які не знаходяться під напругою, але можуть знаходитися під напругою внаслідок несправності повинні бути надійно заземленні.

5. Електричні дроти повинні бути захищенні від механічних пошкоджень, від доторкання із стальними канатами, гарячими поверхнями, та кислотами згубно діючими на ізоляцію.

6. Забороняється наступати на кабелі, електричні дроти, а також допускати щоб їх переїздили транспортними засобами.

7. Не спостерігати неозброєним оком на електричну дугу, так як це може призвести до захворювання очей, біль в очах може проявитися через кілька годин.

8. При порушені або несправності заземлення електричної установки повинні терміново прийняті міри по їх усуненню.

9. Заміна термоплавких вставок у запобіжниках, щитках повинна проводитися при вимкнутому рубильнику. При цьому монтажник повинен обов’язково надівати гумові рукавички, головний убір і захисні окуляри.

10. Електрифікований інструмент при роботі під напругою вище 36 В, повинен бути заземлений.

11. Електропроводка і арматура силової освітлювальної мережі повинні бути надійно ізольовані і захищенні від впливу високої температури, механічних пошкоджень і хімічного впливу.

12. При роботі коло відкритих струмоведучих частин необхідно встановлювати щити і решітки, покриті гумовими коврами.

13. Роботи по ремонту обладнання і механізмів повинні проводитися тільки після повного відключення від мережі електропостачання, при цьому у місцях відключення обов'язково вивішують попереджувальні плакати.

14. Забороняється тримати легкозаймисті речовини коло працюючих електричних машин, апаратів, приладів і провідників.

4.2 Електробезпека в приміщенні насосної станції

Для надійної електробезпеки приміщенні насосної станції необхідно розрахувати заземлення. Для розрахунку заземлення задаються слідуючи ми умовами. Грунт на місці насосної станції 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 заземлюю чого пристрою $R_{зм}$= 0,4 Ом. Рекомендуючий для розрахунків опір землі у місці споруди заземлення, для землі садової ρ = 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 $Кв$ = 1,5 для вертикальних елетродів довжиною від 2 до 3 м при глибині залягання верхівок 0,5….0,8 м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту:

– для горизонтального

$$\rho_{роз.r} = K_r \cdot \rho. \qquad (4.1)$$

$$\rho_{розр.r} = 2{,}2 \cdot 50 = 110 \quad Ом \cdot м$$

– для вертикального

$$\rho_{роз.в} = K_в \cdot \rho. \qquad (4.2)$$

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

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

$$R_{о.в.е.} = \frac{\rho_{роз.в}}{2\pi\ L}\left(ln\frac{2L}{d} \ + \frac{1}{2} \cdot ln\frac{4t + L}{4t - L}\right), \qquad (4.3)$$

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

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

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

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

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

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

$$n = \frac{R_{о.в.с.}}{K_{н.в.} \cdot R_н},$$

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

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

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

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

$$R_{г.е} = \frac{\rho_г}{K_{в.г.с.} \cdot 2\pi L} ln\frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}. \qquad (4.4)$$

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

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

$$R_{в.е} = \frac{R_{о.г.е} \cdot R_{н}}{R_{о.г.е} - R_{н}}. \qquad (4.5)$$

$$R_{в.е} = \frac{12{,}26 \cdot 4}{12{,}26 - 4} = 5{,}94 \quad Ом$$

4.3 Розробка заходів безпеки у надзвичайних ситуаціях

Головною функцією адміністрації підприємства у разі виникнення надзвичайної ситуації є захист населення та організації його життєзабезпечення. Заходи щодо захисту цивільного населення плануються проводяться по населених пунктах де розміщені господарства і охоплюють населення навколишніх сіл. Водночас характер та зміст захисних засобів встановлюються вид ступеня загрози, місцевих умов з урахуванням важливості виробництва для безпеки населення і інших економічних і соціальних чинників. Основні заходи щодо захисту населення плануються та здійснюються завчасно і мають випереджувальний характер, це стосується насамперед підготовки, підтримання у постійній готовності індивідуальних та колективних засобів захисту, їх накопичення, а також підготовки до проведення евакуації населення із зон підвищеного ризику. Керівництво підприємства є безпосередніми виконавцями цих заходів, у нашому господарстві проводиться навчання робітників та службовців способам захисту та діям в умовах надзвичайних ситуацій.

4.4 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 на тваринницькій фермі велику увагу приділяють утилізації гною, а також вивчають нові шляхи його використання щоб якнайменше забруднювати навколишнє середовище. Стайні збудовані на рівнинній території з дотриманням всіх вимог і правил, і знаходиться на допустимій віддалі від водойм.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Ключовими показниками економічної ефективності роботи будь-якої системи необхідно провести розрахунки терміну окупності капіталовкладень та економічної ефективності від її впровадження.

Для цього необхідно визначити річну вартість електричної енергії, що спожита системою водопостачання :

$$E_H = W_{\text{доб}} \cdot n_{\text{роб}} \cdot \text{Ц}_\text{е}\ , \qquad (5.1.)$$

де $W_{\text{доб.}}$ – кількість спожитої електроенергії в зміну, кВт.;

$n_{\text{роб.}}$ –число робочих змін у році;

$\text{Ц}_\text{е}$ – вартість 1 кВт · год електоенергії:

$E_H = 103 \cdot 350 \cdot 0.45 = 8{,}826$ тис. грн.

Сума амортизаційних відрахувань визначається за методикою, описаною[15]:

$$A_{\text{обл}} = B_{\text{обл}} \cdot k_1, \qquad (5.2.)$$

де $B_{\text{обл.}}$ – вартість основних засобів, тис. грн.;

k_1 – коефіцієнт амортизаційних відрахувань.

$$B_{\text{обл}} = \sum_{i=1}^{m} b_{\text{обл}} \cdot n, \qquad (5.3.)$$

де $b_{\text{обл.}}$ – загальна балансова вартість устаткування (кожного типу), тис. грн.;

n_i – кількість обладнання (кожного типу).

Загальна балансова вартість устаткування (за цінами станом на 01.12.2023 року) становить 1млн.600 тис. грн.

$$k_1 = \frac{1}{T_{екс_O}}, \qquad (5.4.)$$

де $T_{екс.\ о}$ – прогнозований термін роботи устаткування, років.

$$k_1 = \frac{1}{15} = 0.07$$

Після відповідних розрахунків отримаємо,

$A_{обл} = 1598000 \cdot 0{,}07 = 111860.$ грн.

Капіталовкладення на монтаж та підключення устаткування [16]:

$$M_{обл} = 0.2 \cdot A_{обл}, \qquad (5.5.)$$

$M_{обл} = 0{,}2 \cdot 1598000 = 319600$ грн.

Затрати на обслуговування устаткування [15]:

$$T_{обслуг.2} = 0{,}14 \cdot A_{обл.}, \qquad (5.6.)$$

$T_{обслуг.2} = 0{,}14 \times 1598000 = 223720$ грн.

Визначення додаткових витрат грошових коштів [15]:

$$З_{непр} = З_{пр} \cdot \left(k_{заг.цех} + k_{заг.вир.}\right), \qquad (5.7.)$$

де $k_{заг.\ цеху}$ – коефіцієнт загальних непрямих витрати (рекомендовано) $k_{заг.} = 0{,}25$ [15];

$k_{заг.вир.}$ – коефіцієнт загальновиробничих витрати. Приймаємо $k_{заг.вир} = 0{,}15$ [15].

Сумарно отримаємо суму непрямих витрат на монтаж та експлуатацію

$З_{непр} = 2141320 \cdot (0{,}25 + 0{,}15) = 223720$ тис.грн.

Розрахунок середньої собівартості води [15]:

$$C_{\text{сир}} = \sum_{i=1}^{m}(C_{\text{кг.i}} \cdot m_i) \cdot n_p, \qquad (5.8.)$$

де $C_{кг.i}$ – собівартість 1 м^3 води, грн;

m_i – добова потреба, м^3;

n_p –число робочих змін в році.

Отже,

$C_{\text{сир}} = (18{,}2 \cdot 12{,}4) \cdot 700 = 157976$ грн.

Після підстановки отриманих значень у формулу 5.1., отримамо:

$C = 1598000 + 111860 + 319600 + 223720 + 223720 + 157976 = 2634876$Собівартість 1м^3 води визначаємо за формулою [15]:

$$C_{ц} = \frac{C}{W_{ц} \cdot n_p} = \frac{C}{W_p}, \qquad (5.9.)$$

де $W_ц$ – змінна потреба води, м^3/зм.

Отже,

$C_ц = \frac{2634876}{18{,}2 \cdot 700} = 20{,}6$ грн.

Прогнозований прибуток визначаємо як [15]:

$$E_p = K_{гр} \cdot C, \qquad (5.10.)$$

де $К_{гр}$ – прогнозованігрошові надходження, тис. грн.

$$K_Ц = W_Р \cdot Ц, \qquad (5.11.)$$

де $W_Р$ – річний обсяг використаної води

Ц – середня ціна 1 м^3 води, грн.

Отже,

$К_{гр} = 1400000 \cdot \left(\frac{12,4+15,7}{2}\right) = 1967$ тис. грн.

Після проведення відповідних розрахунків отримаємо:

$Е_Р = 1967000 - 399600 = 399600$ грн.

Визначимо прогнозований термін окупності модернізованої системи водопостачання [15]:

$$Т = \frac{К_{кап}}{Е_р}, \qquad (5.12)$$

Одержане значення підставимо у формулу 6.12. і отримаємо:

$$Т = \frac{2634876}{399600} = 6,62 \text{ року}$$

Висновок: запропонована схема модернізації системи водопостачання виробничих приміщень, за оптимальних умов експлуатації дасть річний прибуток у сумі 399,6 тис. грн. при цьому рівень рентабельності сягає 12 % , а термін окупності становитиме 6,62 роки.

ВИСНОВКИ

На основі проведених розрахунків було визначено економічну ефективність запропонованої модернізації системи водопостачання виробничих приміщень. В результаті отримаємо:

- річна вартість електричної енергії для роботи системи водопостачання становить значну частку експлуатаційних витрат;
- непрямі витрати на монтаж та експлуатацію устаткування склали 110 тис. грн;
- собівартість води є конкурентоспроможною;
- прогнозований прибуток від впровадження модернізованої системи водопостачання був визначений з урахуванням річного обсягу використаної води і середньої ціни за 1 м³.

Підсумок

Запропонована схема модернізації системи водопостачання виробничих приміщень є економічно вигідною. При оптимальних умовах експлуатації модернізована система забезпечить річний прибуток у розмірі 399,6 тис. грн. Рівень рентабельності становить 12%, а термін окупності — 6,62 роки. Таким чином, впровадження цієї модернізації не лише сприятиме зменшенню експлуатаційних витрат, але й забезпечить економічний зиск у середньостроковій перспективі.

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. Бурєнніков, І.А. Немировський, Л.Г. Козлов. Вінниця: ВНТУ, 2013. 273с.
4. Дідур В.А., Журавель Д.П., Палішкін М.А. та ін. Гідравліка. Підручник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2020. 624 с.
5. Холоменюк М.В., Ткачук А.В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Навчальний посібник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2019. 356 с.
6. Проектування і розрахунок опалення житлових будинків. Методичні поради С.В.Синій. Луцьк: ЛДТУ, 1999.- 52 с.
7. Ремез Н.С., Кисельов В.Б., Дичко А.О., Мінаєва Ю.Ю. Чисельні методи розв'язання технічних задач. Підручник. Одеса: Олді+, 2022. 186 с
8. Рогалевич Ю.П. Гідравліка.Київ: Вища школа, 2003. 238 с.
9. Стандарт підприємства (СТП) 049373.01-07 Дипломні і курсові проекти (роботи). Загальні вимоги до оформлення. Дубляни, ЛНАУ, 2007.38 с.
10. Холоменюк М.В., Ткачук А.В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Навчальний посібник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2019. 356 с.
11. Шолудько В.П., Боярчук В.М., Шолудько Я.В., Михалюк М.А. Теплотехніка та використання теплоти. Львів «Сполом», 2007, 190с
12. Шмат К.І., Солодовніченко В.М., Папченко О.І. Автоматизовані системи сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник. Стереотипне видання, Одеса: Олді+, 2019. 196 с.
13. 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.
14. Електронні інформаційні ресурси мережі інтернет з переліком сайтів:
15. –http://lnup.lviv.ua/lnup ; http://www.irbis-nbuv.gov.ua; http://www.twirpx.com; http://hotline.ua moodle.lnau.edu.ua