

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 ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ
НАСОСА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА”

Виконав: студент VI курсу групи Ен-41
спеціальності 141 “Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності)

Чепеняк В. В.

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Бабич М. І.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Баранович С. М.
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

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

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувач кафедри _____

доцент, к.т.н., С. В. Сиротюк

“ _____ ” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Чепеняку Владиславу Васильовичу

1. Тема роботи: “Підвищення енергоефективності системи водопостачання навчально-дослідного господарства з розробкою електричної схеми управління роботою глибинного насоса”.

Керівник роботи Бабич Михайло Іванович, кандидат технічних наук, доцент затверджені наказом по університету від 27 листопада 2023 року № 641 / к-с.

2. Строк подання студентом роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: дані виробничої діяльності та водозабезпечення об'єктів підприємства. Матеріали літературного огляду, патентного пошуку, аналізу існуючих схем, елементів системи водопостачання, довідкова та спеціальна література, аналіз досягнень науки і техніки.

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

Вступ

1. Характеристика об'єкта дослідження

2. Підвищення енергоефективності системи водопостачання підприємства та обґрунтування її схеми

3. Обґрунтування насосних агрегатів системи водопостачання підприємства. Розробка електричної схеми управління роботою насоса

4. Охорона праці та довкілля

5. Техніко-економічне обґрунтування розробок кваліфікаційної роботи

Висновки

Перелік джерел посилання

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

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
4	<i>Городецький І. М., к.т.н., доцент</i>	27.11.23 р.	27.11.23 р.	

7. Дата видачі завдання

27 листопада 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Написання першого розділу</i>	<i>27.11.23-23.12.23</i>	
2	<i>Виконання другого розділу</i>	<i>24.12.23-19.01.24</i>	
3.	<i>Виконання третього розділу</i>	<i>20.01.24-25.02.24</i>	
4.	<i>Написання розділу: «Охорона праці та довкілля»</i>	<i>26.02.24-12.03.24</i>	
5.	<i>Розрахунок економічної ефективності розробок кваліфікаційної роботи</i>	<i>13.03.24-10.04.24</i>	
6.	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та ілюстративної частини</i>	<i>11.04.24-01.05.24</i>	
7.	<i>Завершення кваліфікаційної роботи в цілому</i>	<i>02.05.24-31.05.24</i>	

Студент _____ Чепеняк В. В.
(підпис)

Керівник роботи _____ Бабич М. І.
(підпис)

УДК 628.14

Чепеняк В. В. Розробка електричної схеми управління роботою насоса системи водопостачання підприємства. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 44 с. текстової частини, 1 таблиця, 15 рисунків, 26 джерел посилання.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування параметрів насосів першого і другого підйомів і розробка електричної схеми їх управління.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі **завдання**: проаналізувати стан системи водопостачання підприємства та обґрунтувати її схему; розрахувати добові обсяги споживання води; обґрунтувати параметри насосів; розробити електричну схему управління роботою насосів; здійснити техніко-економічні розрахунки.

Проведено аналіз системи водопостачання підприємства для переробки молока, у результаті чого визначено задачі кваліфікаційної роботи. Обґрунтовано схему водопостачання підприємства. Обґрунтовано відцентровий глибинний насос першого підйому Dongyin 7771873, що дозволяє задовільнити потреби водоспоживання. Обґрунтовано поверхневий відцентровий насос другого підйому LEO 7752683 та побудовано його характеристики. Розроблено електричну схему автоматизованої роботи глибинного насоса з застосуванням датчиків контролю рівня води як в резервуарі чистої води так і напірному баку водонапірної башти. Розроблені питання охорони праці та охорони довкілля.

Ключові слова: насос, електродвигун, електрична схема, потужність, напір, витрата води.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Загальна відомості про підприємство.....	8
1.2. Виробничий напрям підприємства	9
1.3. Енергозабезпечення підприємства.....	10
1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	11
2. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЇЇ СХЕМИ	12
2.1. Аналіз причин низької енергоефективності системи водопостачання та способи її підвищення	12
2.2. Удосконалення схеми водопостачання підприємства.....	14
2.3. Визначення розрахункови витрат води на підприємстві.....	16
3. ОБГРУНТУВАННЯ НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ НАСОСА.....	20
3.1. Розрахунок та підбір насосів першого підйому	20
3.2 Розрахунок резервуарів чистої води	21
3.3 Визначення характеристик водоводів і втрат напору в мережі.....	22
3.4 Обґрунтування схеми насосної станції другого підйому і об'єму бака водонапірної башти	24
3.5 Підбір насоса другого підйому та розрахунок його робочих характеристик.	27
3.6 Розробка електричної схеми управління роботою насосів системи водопостачання підприємства.....	28
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	33

4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу водопостачання та розроблення моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій.....	33
4.2. Вимоги безпеки під час експлуатації елементів системи водопостачання підприємства.....	35
4.3. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	35
4.4. Охорона поверхневих вод.....	36
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	38
ВИСНОВКИ.....	41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	42

ВСТУП

Процеси автоматизації систем водопостачання не лише дають змогу контролювати роботу цієї системи, а й створюють основу для побудови єдиної інформаційної системи управління, яка допомагає істотно знизити енергозатрати на водопостачання та підвищити надійність його роботи.

Автоматизацію водопостачання здійснюють за рахунок застосування спеціалізованих технічних засобів, інструментів, пристроїв та систем для контролю та управління технологічними процесами для різних складових систем водопостачання. З допомогою автоматизації можна вирішити багато різноманітних задач, головними з яких є [1]:

- включення/виключення насосних агрегатів за досягнення встановлених технологічних параметрів - рівня води, напору в трубопроводі тощо;
- підтримання на заданому рівні тиску напору, температури, витрати води;
- включення/виключення допоміжних пристроїв системи водопостачання;
- автоматичне відключення основного насосного агрегату і включення резервного у випадку аварійних ситуацій.

В даній роботі поставлена задача автоматизувати роботу глибинного насоса системи водопостачання промислового підприємства (молокозаводу) та розробити електронну схему його управління. Для цього насамперед необхідно обґрунтувати параметри обладнання системи водопостачання підприємства. Виконання даної задачі дозволить істотно знизити енергозатрати на водопостачання та підвищити надійність її роботи. З огляду на це, кваліфікаційна робота є важливою і актуальною.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про підприємство

Молокопереробне підприємство в с. Крупець Радивилівського району діє з 1978 року. Тоді підприємство мало лише сепараторний пункт, де молоко приймали, охолоджували і відправляли на переробку в Дубно та інші райони області [22].

У 1996 році його було перетворено у відповідності до наказу РФДМУ по Рівненській області № 1284 від 26.12.1996 року в ВАТ «Радивилівський молокозавод».

В 2001 році на базі ВАТ «Радивилівський молокозавод» створюється Товариство з обмеженою відповідальністю «Радивилівмолоко».

Якщо у 1996 році на підприємстві було лише два сепаратори і дві маслозбійки, то на сьогоднішній день тут діє цех по виготовленню цільномолочної продукції потужністю до 35 тонн за добу, цехи з виробництва масла (3 тонни за добу), сиру кисломолочного, казеїну технічного (1,2 тонни за добу), встановлено обладнання для фасування масла.

Для зберігання продукції встановлено сховища по зберіганню масла місткістю 60 т, для зберігання цільномолочної продукції (місткістю 20 т) та сиру кисломолочного. Підприємство ретельно стежить за якістю заготовленого молока, для цього є відповідно облаштована лабораторія.

На підприємстві задіяно 600 працівників, а також переробляється 250 тонн молока за добу [22].

Для переробки молока використовується нове обладнання, завдяки якому підприємство отримало можливість випускати конкурентоздатну продукцію, яка користується великим попитом на ринку молочних продуктів.

Забезпечене підприємство й транспортом як для збору молока, так і для доставки готової продукції в пункти збуту.

Продукція ТзОВ «Радивилівмолоко» яка виходить під торговою маркою «Радимо» реалізовується в Рівненській, Волинській, Тернопільській, Львівській, Закарпатській, Житомирській, Івано-Франківській та Хмельницькій областях та користується попитом і за межами України [22].

1.2 Виробничий напрям підприємства

Досліджуване підприємство спеціалізується на переробці молока, а асортимент продукції є досить широким, зокрема: вершки 30% жирності (вагові); бринза 30% жирності вагова і фасована; йогурт 2,5% жирності фасований по 0,4 кг і по 0,5 кг; казеїн технічний; кефір 1,0% жирності (фасований по 0,5 кг); кефір 2,5% жирності (фасований по 0,5 кг, фасований по 1,0 кг в упаковку «пюр-пак»); масло «Селянське» 72.5% та 82 % жирності (вагове); молоко 2,5% жирності (фасоване по 1,0 кг в упаковку «пюр-пак», фасоване по 1,0 кг, фасоване по 0,5 кг, фляжне); ряжанка 2,5% жирності (фасована по 0,5 кг); сир «Чеддер» (ваговий); сир для промислової переробки (ваговий); сир 18% жирності (ваговий); сир 5% жирності (ваговий); сир 5% жирності (фасований по 250 гр.); сирок 16% жирності з родзинками (фасований по 250 гр.); сметана (15%, 20%, 25% жирності), фасована по 0,45 кг); масло «Шоколадне» (вагове); масло «Шоколадне» (фасоване по 200 гр.); спред «Солодковершковий» ваговий та фасований по 200 грам [22].

Загалом, асортимент складається із 24 позицій. Кефір, ряжанка, йогурти містять усі корисні мікроорганізми, необхідні для функціонування організму людини. Сметана має густу консистенцію. Завдяки якісній технології обробки молоко зберігає натуральний смак, вітаміни та мінерали. Сир кисломолочний містить вітаміни кальцію, які необхідні для росту і розвитку дітей. Масло відзначається високими смаковими властивостями, легкою засвоюваністю організмом і великою кількістю вітамінів груп В та С.

1.3 Енергозабезпечення підприємства

На підприємстві використовуються наступні енергетичні ресурси: нафтопродукти (бензин, дизельне паливо, природний газ), електрична енергія.

Оскільки молокозавод за надійністю електропостачання є підприємством другої категорії, то джерелами надходження електроенергії є два фідери напругою 10 кВ, які обслуговує Радивилівська дільниця ПрАТ «Рівнеобленерго». Споживаний добовий максимум складає 3000 кВт літом і 1800 кВт зимою. Також на території підприємства розташовується ЗТП із загальною встановленою потужністю силових трансформаторів 0,8 кВА, які також обслуговуються ПрАТ «Рівнеобленерго». Для компенсації реактивної складової потужності використовують 5 конденсаторних батарей з автоматичним регулюванням загальною потужністю 180 кВАР. Загальна потужність електрогенеруючого обладнання становить 500 кВт, зокрема [22]:

- виробництво холоду – 111 кВт;
- виробництво стисненого повітря – 30 кВт;
- виробництво продукції – 239,6 кВт;
- виробництво і транспортування теплоенергії – 8 кВт;
- обробка металів різанням – 9 кВт;
- вентиляція та кондиціонування – 22,4 кВт;
- перекачка питної води – 10 кВт.

Загальна потужність системи освітлення підприємства становить 13,2 кВт, з яких зовнішнє – 3 кВт та внутрішнє – 10,2 кВт.

Теплову енергію підприємство отримує від власного газового котла, що застосовується і для нагріву води на потреби технологічні і для обігріву виробничих та адмінбудівель. Також використовується твердопаливний котел. Газом природнім підприємство забезпечується із місцевого газопроводу.

Оскільки в роботі планується підвищити ефективність системи водопостачання підприємства шляхом автоматизації роботи насосних агрегатів розглянемо її особливості. Підприємство має автономну систему водопостачання. Для цього на території підприємства передбачено два глибокі трубчасті колодязі, які забезпечують усі потреби водоспоживачів. Артезінська вода належної якості, глибинними насосами подається у баки водонапірних веж, звідки самопливом пооступає до усіх споживачів.

Зважаючи на встановлені потужності виробництва вода використовується у значних обсягах, що призводить до великих об'ємів стічних вод. Для їх очистки тут передбачені очисні споруди, з застосуванням процесу аерації, відстоювання і очистки. Очищена вода перекачується до централізованої каналізаційної мережі.

1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

На підставі аналізу виробничої та господарської діяльності молокопереробного підприємства приходимо до висновку, що для забезпечення різноманітних технологічних і виробничих процесів необхідними є значні потреби в енергії. Однією з систем підприємства, де використовується значна кількість електроенергії є система водопостачання. Насосні агрегати перекачують великі об'єми води, що призводить до значних затрат електроенергії.

Для безперебійного і надійного водопостачання підприємства, зменшення експлуатаційних затрат, а також затрат енергії і праці необхідно автоматизувати роботу глибинного насоса, зокрема управляти його роботою за рівнем води в баку водонапірної вежі. Таким чином, тема кваліфікаційної роботи є актуальною і важливою.

2 ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЇЇ СХЕМИ

2.1 Аналіз причин низької енергоефективності системи водопостачання та способи її підвищення

Основною складовою будь-якої системи водопостачання є її насосні агрегати. Були проведені дослідження для різних галузей виробництва, зокрема для хімічної, паперово-целюлозної, хімічної, нафтовидобувної промисловостей, і встановлено, що четвертина витрат електроенергії припадає саме на роботу насосного обладнання. А якщо брати галузь водопостачання і водовідведення то такий показник може бути до 90 %. Тому для кожного підприємства, зокрема досліджуваного молокозаводу, пріоритетним завданням є зниження витрат коштів на електроенергію завдяку покращенню енергоефективності насосного обладнання [19].

Розглянемо детальніше, що може впливати на енергоефективність насосного обладнання. Є багато причин, через які спостерігається підвищена витрата електроенергії під час експлуатації насосного обладнання. Ці причини можуть полягати як у самому обладнанні, так і в трубній системі водопостачання. Зокрема недостатня енергоефективність обладнання може виникати внаслідок:

1. Використання насосних агрегатів у системі із завищеними показниками за продуктивністю, напором або потужністю, що перевищують розрахункові параметри.

2. Використання в системі застарілого обладнання з низьким коефіцієнтом корисної дії.

3. Роботи агрегатів у режимі перевантаження через некваліфікований розрахунок та неправильний вибір обладнання при проектуванні системи водопостачання.

4. Роботою насоса в режимі кавітації внаслідок зменшення обсягів подачі рідини на вході через зниження рівня води в резервуарі, або при засміченні ситсеми очистки.

5. Зношування робочої поверхні насосного обладнання через перекачування рідини з великим вмістом твердих домішок, що призводить до збільшення зазорів між робочим колесом і внутрішньою частиною корпусу, сприяючи погіршенню робочих характеристик агрегату.

Основне завдання підвищення енергоефективності насосного обладнання полягає у зниженні надмірної витрати електроенергії в процесі роботи агрегату і, як наслідок, збільшенні його робочого коефіцієнта корисної дії.

Для досягнення поставлених завдань нами запропоновані наступні способи:

1. Заміна застарілих агрегатів у гідросистемі на нові, ефективніші насоси з високим показником коефіцієнта корисної дії.

2. Заміна електродвигуна насоса на інший двигун аналогічного типорозміру, але з вищим класом енергоефективності.

3. Встановлення в систему датчиків руху потоку води, що дозволяють здійснювати запуск насосного обладнання за певної потреби (відкриття крана, запуск насоса для перекачування при заповненні резервуара тощо) і зупиняти його роботу через падіння напору на вході.

4. Заміна робочого колеса під необхідні параметри рідини, що перекачується.

5. Перерахунок параметрів системи водопостачання з врахуванням використання сучасного високоефективного обладнання.

Також для підвищення енергоефективності системи водопостачання слід звернути увагу і на трубопроводи, а саме, зробити заміну зношених ділянок мережі, виконати очищення внутрішньої поверхні труб від засмічень, відкладень або накипу.

2.2 Удосконалення схеми водопостачання підприємства

Вода, як основна, або допоміжна сировина застосовується для переважної більшості технологічних процесів виробництва харчових продуктів, зокрема продуктів на молокозаводі. Крім цього на підприємстві вода використовується для господарсько-питних і протипожежних потреб. Як правило для різних процесів застосовують питну воду, а що стосується виробництва продукції, то вода має відповідати ДСанПіНу 2.2.4-171-10 [8].

Системи водопостачання влаштовують за певними схемами, які є сукупністю водопровідних мереж і споруд, послідовно розташованих на місцевості. Назва схем водопостачання повторює назву відповідної системи. За характером використання води на підприємстві розрізняють системи водопостачання: прямоточні, з послідовним використанням води та оборотні (рис. 2.1). Оборотні системи споруджуються як за екологічними нормами (для зниження обсягів скинутих стічних вод у природні джерела), так і за техніко-економічним порівнянням варіантів (оборотна або прямоточна).

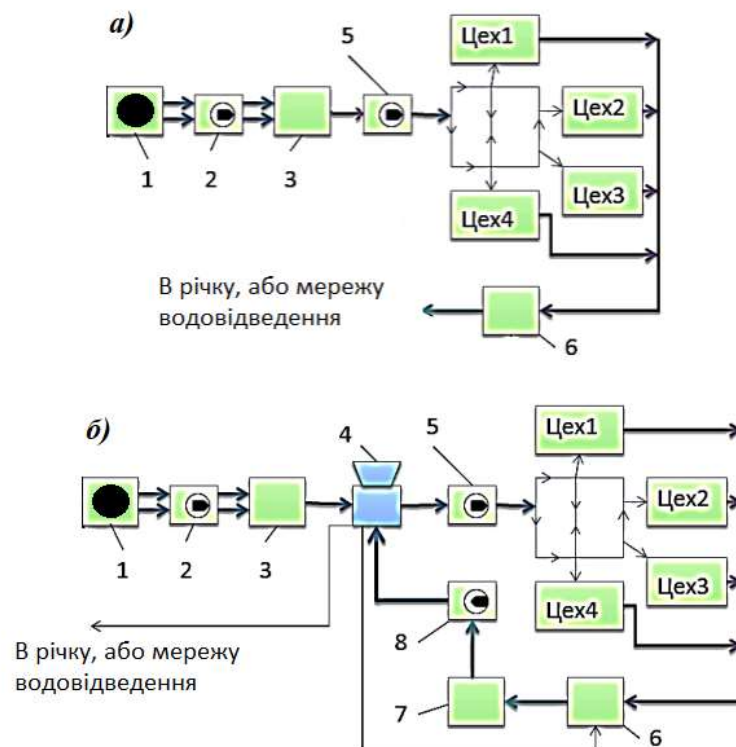


Рисунок 2.1 – Схеми водопостачання підприємства: а – прямоточна;

6 – оборотна; 1 – водозабірна споруда (свердловина); 2 – насосна станція 1-го підйому; 3 – станція водопідготовки; 4 – охолоджувальна установка;
5 – насосна станція 2-го підйому; 6 – станція очистки забруднених вод;
7 – резервуар очищеної води; 8 – насосна станція оборотного водопостачання

Використання типу схеми залежить як від джерела водопостачання так самого виробничого процесу. Переважно для економії води, і якщо це дозволяє технологія виробництва, на підприємствах застосовують оборотну схему водопостачання. Часткова оборотна схема використана і на молокозаводі, де вода використана в певному технологічному або виробничому процесі, охолоджується за допомогою градирні (рис. 2.1) і повторно застосовується для охолодження чи миття обладнання.

На досліджуваному підприємстві вода забирається з підземного джерела з глибини 90 м, і частково використовується повторно після очистки. Незважаючи на глибину, і враховуючи високі вимоги до якості води для харчових виробництв, вода потребує очистки. Підземні води мають завищені показники заліза, марганцю, розчинених газів, тому для знезалізнення і дегазації води застосовано безреагентні і біохімічні методи. Очищена стічна вода направляєтся у водовідвідну насосну станцію підприємства і перекачуються до загальної мережі.

На рисунку 2.2 представлено удосконалену схему водопостачання молокозаводу з частковим повторним використанням води. Як бачимо зі схеми, є дві насосні станції першого і другого підйому, а також одна каналізаційно-насосна станція. Вода забирається з свердловини і подається на очистку, а потім попадає в резервуари чистої води. Звідти очищена, насосною станцією другого підйому подається у бак водонапірної вежі, звідки самопливом на потреби виробництва і автопарку. На будівлі підприємства передбачена градирня для охолодження води, і її повторного використання на відповідні потреби. Стічні води очищують і за допомогою насосів зливають у загальну мережу, річку.

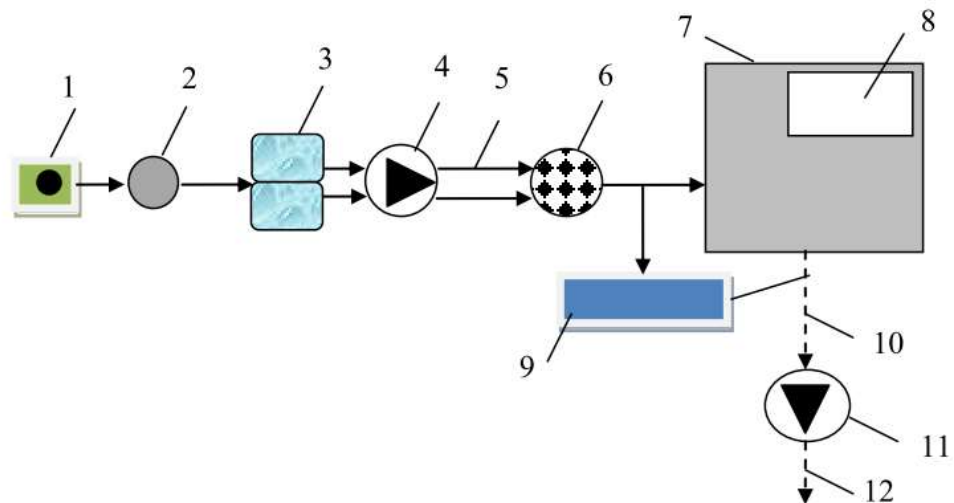


Рисунок 2.2 – Схема водопостачання підприємства з частковим повторним використанням води: 1– водозабір з глибинним насосом; 2 – очисна споруда; 3 – резервуари чистої води; 4 – насосна станція другого підйому; 5 – водоводи; 6 – водонапірна вежа; 7 – підприємство (адмін. корпуси і виробничі цехи); 8 – градирня; 9 – автопарк; 10 – відпрацьовані стічні води; 11 – каналізаційно-насосна станція з очисткою; 12 – скидання очищених стічних вод в каналізацію

Таким чином, для підвищення енергоефективності системи водопостачання підприємства потрібно здійснити розрахунки та обґрунтувати параметри і режими роботи насосних станцій першого і другого підйомів, автоматизувати їх роботу.

2.3 Визначення розрахункових витрат води на підприємстві

Перш ніж приступити до обґрунтування параметрів насосного обладнання та інших складових системи водопостачання підприємства треба знати об'єми і режими споживання води. Як вже було відмічено, вода на підприємствах молочної промисловості відіграє важливу роль та застосовується в багатьох процесах.

На підприємстві вода використовується на технологічні потреби пов'язані з виробництвом молочної продукції, миття обладнання, охолодження, господарсько-питні потреби персоналу.

Проектована потужність досліджуваного заводу складає 60 т/добу. Розрахункові добові витрати води, на виробничі потреби підприємства [22]

$$Q_{\partial}^n = q_{\text{нм}}^n \cdot N_n, \quad (2.1)$$

де $q_{\text{нм}}^n$ – питомі витрати води на одиницю продукції (згідно норм 7,5 м³/т [10]), м³/т; N_n – кількість продукції що випускається на підприємстві, т/добу.

$$Q_{\partial}^n = q_{\text{нм}}^n \cdot N_n = 7,5 \cdot 60 = 450 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Витрати води, на господарсько-питні потреби розрахуємо [12]:

$$Q_{\partial}^c = 0,045 \cdot N_{\text{гар}} + 0,025 \cdot N_{\text{хол}} = 0,045 \cdot 100 + 0,025 \cdot 150 = 8,25 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.2)$$

де 0,045 і 0,025 - норми водоспоживання відповідно в гарячих і холодних цехах на 1 робітника, м³/добу; $N_{\text{хол}}, N_{\text{гар}}$ – загальна кількість робітників в холодних і гарячих цехах.

Потреби у воді для однієї автомашини вантажопідйомністю до 20 т можна брати 300-400 л/добу, а споживання води одним працівником автопарку складає 25 л/добу [11]. Визначимо добові витрати води для автопарку підприємства (30 автомобілів і 30 працівників), м³/добу [11]:

$$Q_{\partial}^a = \frac{30 \cdot 300 + 30 \cdot 25}{1000} = 9,75 \text{ м}^3/\text{добу}. \quad (2.3)$$

Для години найбільшого водоспоживання визначимо витрату води за формулою, м³/год:

$$Q_{h,\text{max}} = \frac{Q_{\partial} \cdot K_{h,\text{max}}}{24}, \quad (2.4)$$

де $K_{h,\text{max}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання (приймаємо для автопарку 3, для підприємства 1,1) [23].

Для господарсько питних потреб:

$$Q_{h,\text{max}}^п = \frac{1,2 \cdot 8,25}{24} = 0,41 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для автопарку підприємства:

$$Q_{h.max}^a = \frac{3 \cdot 9,75}{24} = 1,21 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для виробничих потреб підприємства:

$$Q_{h.max}^{пр} = \frac{1,1 \cdot 450}{24} = 20,6 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Використовуючи максимальні витрати підбирають обладнання насосних станції, об'єм напірних резервуарів параметри мережі.

Для протипожежного водопроводу об'єднаного з господарсько-питним, витрату води на пожежегасіння визначимо:

$$Q_{п} = Q_{п.3} + Q_{п.В} = 3 + 2,5 = 5,5 \text{ л/с.} \quad (2.5)$$

де $Q_{п.3}$ – витрата води на зовнішнє гасіння пожежі ($Q_{п.3} = 3 \text{ л/с}$); $Q_{п.В}$ – витрата води на внутрішнє гасіння пожежі ($Q_{п.В} = 2,5 \text{ л/с}$) [23].

Об'єднаний водопроводі має бути обґрунтований таким чином, щоб пропустити витрату води на пожежегасіння – 5,5 л/с при максимальній годинній витраті води. Час на гасіння пожежі приймаємо 3 год, а відновлення пожежного об'єму води підприємства до 72 год.

Скориставшись типовими розподілами витрати води протягом доби для підприємств харчової промисловості, визначили години максимального водоспоживання на підприємстві (таблиця 1).

Таблиця 2.1 – Розподіл добової витрати води на підприємстві

Години доби	Автопарк		Господарсько-питні потреби		Виробничі потреби		Всього за годину		Ординат а інтегр. кривої
	%	м ³ /год	%	м ³ /год	%	м ³ /год	м ³ /год	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-1	-	0	2,1	0,173	3,55	15,98	16,15	3,45	3,45
1-2	-	0	2,1	0,173	3,48	15,66	15,83	3,38	6,83
2-3	-	0	2,1	0,173	3,77	16,97	17,14	3,67	10,50
3-4	-	0	2,1	0,173	3,77	16,97	17,14	3,67	14,17
4-5	3,7	0,361	2,1	0,173	4,22	18,99	19,52	4,18	18,36
5-6	3,7	0,361	2,1	0,173	4,7	21,15	21,68	4,64	23,00
6-7	3,9	0,380	8,1	0,668	3,26	14,67	15,72	3,36	26,36
7-8	5,2	0,507	6	0,495	3,11	14,00	15,00	3,20	29,56

продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8-9	7,7	0,751	5	0,413	4,92	22,14	23,30	4,98	34,54
9-10	7,7	0,751	3,1	0,256	4,98	22,41	23,42	5,00	39,55
10-11	6,9	0,673	3,1	0,256	5,26	23,67	24,60	5,27	44,81
11-12	4,6	0,449	3,1	0,256	4,92	22,14	22,84	4,88	49,69
12-13	4,6	0,449	3,1	0,256	4,66	20,97	21,67	4,63	54,32
13-14	4,6	0,449	3,1	0,256	4,6	20,70	21,40	4,57	58,90
14-15	5,5	0,536	3,1	0,256	3,77	16,97	17,76	3,79	62,69
15-16	7,3	0,712	3,1	0,256	3,77	16,97	17,93	3,83	66,52
16-17	7,3	0,712	8	0,660	4,22	18,99	20,36	4,35	70,87
17-18	7,3	0,712	8	0,660	4,7	21,15	22,52	4,82	75,70
18-19	6,1	0,595	8,1	0,668	4,92	22,14	23,40	5,00	80,70
19-20	6,1	0,595	8,1	0,668	4,98	22,41	23,67	5,06	85,76
20-21	3,9	0,380	8,1	0,668	5,26	23,67	24,72	5,28	91,04
21-22	3,9	0,380	2,1	0,173	4,92	22,14	22,69	4,85	95,89
22-23	-	0	2,1	0,173	2,17	9,77	9,94	2,14	98,03
23-24	-	0	2,1	0,173	2	9,00	9,17	1,97	100,00
Σ	100	9,75	100	8,25	100	450	468	100	

За отриманими результатами побудовано ступеневий графік (рис.2.3) добового споживання води на підприємстві.

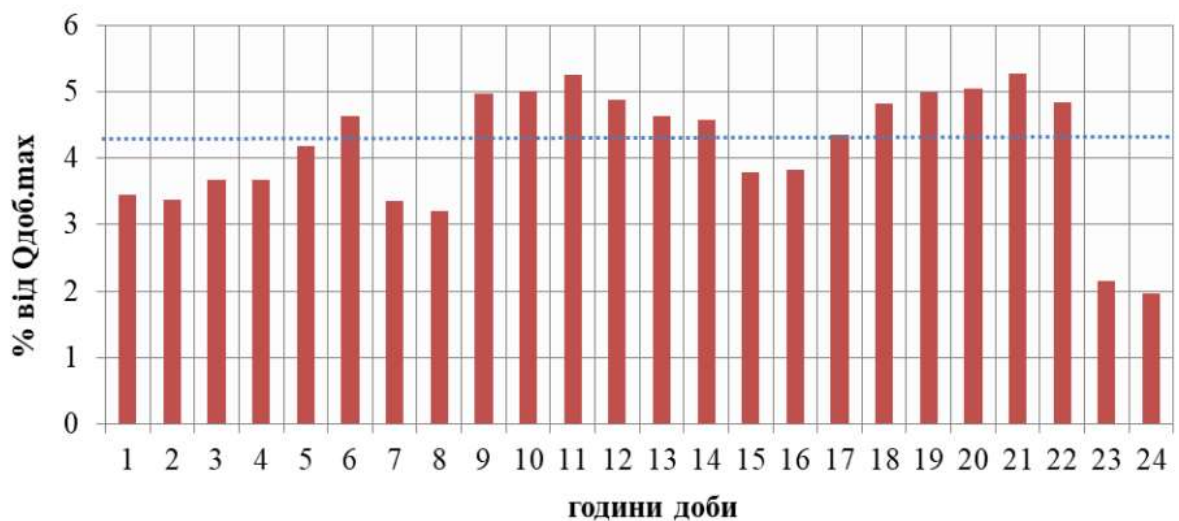


Рисунок 2.3 – Ступеневий графік водоспоживання підприємства

Визначені рзрахункові витрати води та їх розподіл протягом доби, є вихідними даними для обґрунтування насосних агрегатів та гідротехнічних споруд системи водопостачання підприємства.

3 ОБГРУНТУВАННЯ НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ РОБОТОЮ НАСОСА

3.1 Розрахунок та підбір насосів першого підйому

Для забору води з підземного джерела на підприємстві застосовано глибинний насос, який подає воду через очисну споруду у резервуари чистої води. Такі насоси називають насосами першого підйому, і вони рівномірно подають воду, а саме $100/24 = 4,17\%$ витрати води щогодини (рис. 3.1), навіть в час пожежі на підприємстві [23].

Витрати для насосів першого підйому визначимо

$$Q_{НС-I} = \frac{4,17 \cdot \alpha \cdot Q_p}{100}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (3.1)$$

де α – коефіцієнт, що відповідає за витрати води на власні потреби очисної станції ($\alpha = 1,03 - 1,1$); 4,17 – годинна подача води, % [11].

$$Q_{НС-I} = \frac{4,17 \cdot 1,03 \cdot 468}{100} = 20,1 \text{ м}^3/\text{год}.$$

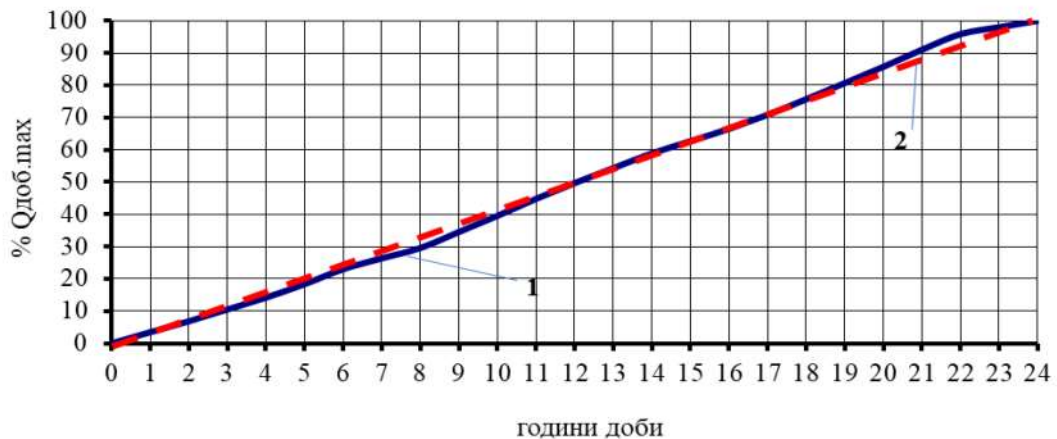


Рисунок 3.1 – Інтегральний графік водоспоживання молокозаводу:

1 – водоспоживання; 2 – подача води насосом першого підйому.

Розрахунковий напір насосів першого підйому ННС-I визначимо

$$H_{НС-I} = h_t + h_b + h_o + (Z - Z_0), \text{ м}, \quad (3.2)$$

де h_t , h_b , h_o – втрати напору відповідно у всмоктувальному і напірному трубопроводах і очисній споруді, м; Z – відмітка максимального рівня води в резервуарі, м; Z_0 – відмітка мінімального рівня води в свердловині, м.

На підприємстві глибина свердловини 90 м, висота вільної поверхні води $Z_0 = 60$ м. Максимальний рівень води в РЧВ – $Z = 160$ м. Загальні втрати напору (h_t , h_b , h_o) можна приймати до 10 % від геометричної висоти подачі води [23].

$$H_{НС-1} = 0,1 \cdot (160 - 60) + 160 - 60 = 110 \text{ м.} \quad (3.3)$$

Тоді потужність насоса $N_{НС-1}$ визначимо

$$N_{НС-1} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_{НС-1} \cdot Q_{НС-1}}{\eta}, \text{ Вт,} \quad (3.4)$$

де ρ – густина води, кг/м^3 ; η – ККД насоса ($\eta = 0,65 \dots 0,8$).

$$N_n = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 110 \cdot 0,0055}{0,8} = 7411 \text{ Вт} = 7,4 \text{ кВт.}$$

Визначивши $Q_{НС-1}$, $H_{НС-1}$, $N_{НС-1}$ виб'ємо відцентровий глибинний насос Dongyin 7771873 4SD16/20 з асинхронним двополюсним двигуном з максимальним напором $H=119$ м, витратою води $Q = 21 \text{ м}^3/\text{год}$ та потужністю $N = 5,5 \text{ кВт}$ [4].

3.2 Розрахунок резервуарів чистої води

Згідно схеми на рис. 2.2 вода після системи очистки попадає в резервуари, які називають резервуарами чистої води (РЧВ). РЧВ зберігає регульовальний об'єм води, недоторканий пожежний запас та запас для власних потреб насосної станції, м^3

$$V_{РЧВ} = V_{рег} + V_{нпз} + V_{вл}, \quad (3.5)$$

де $V_{рег}$ – регульовальний об'єм води, м^3 ; $V_{нпз}$ – недоторканий пожежний запас, м^3 ; $V_{вл}$ – об'єм води на власні потреби насосної станції і системи очистки, м^3 .

Недоторканий протипожежний запас визначається, м³ [12]:

$$V_{\text{НПЗ}} = V_{\text{год}} + 10,8 \cdot (Q_{\text{пож}} - Q_{\text{НС-1}}) \quad (3.6)$$

де $V_{\text{год}}$ – об’єм води за три суміжні години максимальних витрат, м³;
 $Q_{\text{пож}}$ – витрати води на пожежогасіння, л/с.

$$V_{\text{НПЗ}} = 71,79 + 10,8 \cdot (5,5 - 5,4) = 72,87 \text{ м}^3.$$

Об’єм води на власні потреби НС-1 беремо 2% від $Q_{\text{доб.мах}}$ [12].

$$V_{\text{ел}} = 0,05 \cdot Q_{\text{доб.мах}} = 0,02 \cdot 468 = 9,36 \text{ м}^3. \quad (3.7)$$

Оскільки НС-1 працює 24 год/добу, і прийнявши час роботи НС-2 – 20 год/добу визначимо регулюючий об’єм з виразу [12]:

$$V_{\text{рег}} = \frac{468}{100} \cdot \left(\frac{100}{20} - \frac{100}{24} \right) \cdot (24 - 4) = 77,68 \text{ м}^3. \quad (3.8)$$

Тоді загальний об’єм РЧВ становитиме, м³

$$V_{\text{РЧВ}} = 72,87 + 9,36 + 77,68 = 159,91 \text{ м}^3.$$

Таким чином об’єм води в резервуарах для виконання усіх потреб у воді на підприємстві складає 160 м³. Два наявні резервуари на підприємстві, по 100 м³ кожен, задовольняють цей об’єм з запасом, тому залишимо їх.

3.3 Визначення характеристик водоводів і втрат напору в мережі

Для того щоби обґрунтувати параметри насосної станції другого підйому НС-2 обґрунтуємо параметри мережі і визначимо втрати напору. РЧВ і водонапірну башту з’єднують два водоводи. Водоводи приймемо з поліетиленових труб ПЕ SDR [19; 20].

Діаметр трубопроводу на ділянці d_B визначимо, м [6]:

$$d_B = 1.13 \sqrt{\frac{Q_B}{v}}, \quad (3.9)$$

де Q_B – максимальна секундна витрата води на ділянці, м³/с; v – рекомендована швидкість руху ($v = 0,75-1,25$ м/с).

$$d_B = 1.13 \sqrt{\frac{0,0055}{1,2}} = 0,076 \text{ м.}$$

Середня швидкість руху води v_j на ділянці, м/с:

$$v = \frac{4Q_B}{\pi d_B^2} = \frac{4 \cdot 0,0055}{3,14 \cdot 0,076^2} = 1,21 \text{ м/с.} \quad (3.10)$$

Порахуємо середню швидкість води для пропуску витрати води на гасіння пожежі $Q_d = 0,0055$ м³/с.

$$v_n = \frac{4(Q_B + Q_d)}{\pi d_B^2} = \frac{4 \cdot (0,0055 + 0,0055)}{3,14 \cdot 0,076^2} = 2,43 \text{ м/с.} \quad (3.11)$$

Оскільки отримане значення швидкості 2,43 м/с є меншим за нормативне 2,5 м/с, тоді умова виконується, отже залишаємо прийнятий діаметр d_B .

Втрати напору можна розрахувати, м [6]:

$$h_{LB} = A_j \cdot Q_B^2 \cdot L_B \cdot K_1, \quad (3.12)$$

де $A_j = 1/K^2$ – питомий опір трубопроводу; K – витратна характеристика; K_1 – поправочний коефіцієнт на швидкість; L_B – довжина трубопроводу, ($L_B = 50$ м).

$$h_{LB} = 3700 \cdot 0,0055^2 \cdot 50 \cdot 1,41 = 7,89 \text{ м.}$$

Місцеві втрати прийняти 3 % від втрат напору по довжині h_{LB} [6], м:

$$h_{MB} = 0,03 \cdot h_{LB}. \quad (3.13)$$

$$h_{MB} = 0,03 \cdot 7,89 = 0,23 \text{ м.}$$

Тоді сумарні втрати напору визначимо, м:

$$h_{wB} = h_{LB} + h_{mB}. \quad (3.14)$$

$$h_{wB} = 7,89 + 0,23 = 7,92 \text{ м.}$$

Для водоводів приймаємо діаметр $d=0,076\text{м}$, з втратами напору на ділянці $h_{wB} = 7,92 \text{ м}$.

3.4 Обґрунтування схеми насосної станції другого підйому і об'єму бака водонапірної башти

Важливим етапом обґрунтування параметрів системи водопостачання є визначення об'єму бака водонапірної башти $V_{BB}, \text{м}^3$:

$$V_{BB} = V_{рег} + V_n + V_a, \quad (3.15)$$

де $V_{рег}$ – регулювальний об'єм, м^3 ; V_n – недоторканий протипожежний запас води, м^3 ; V_a – об'єм води для водопостачання впродовж години у випадку аварійного вимкнення електроенергії, м^3 .

Регулювальний об'єм можна визначити за допомогою інтегрального графіка водоспоживання (рис. 3.2) [6].

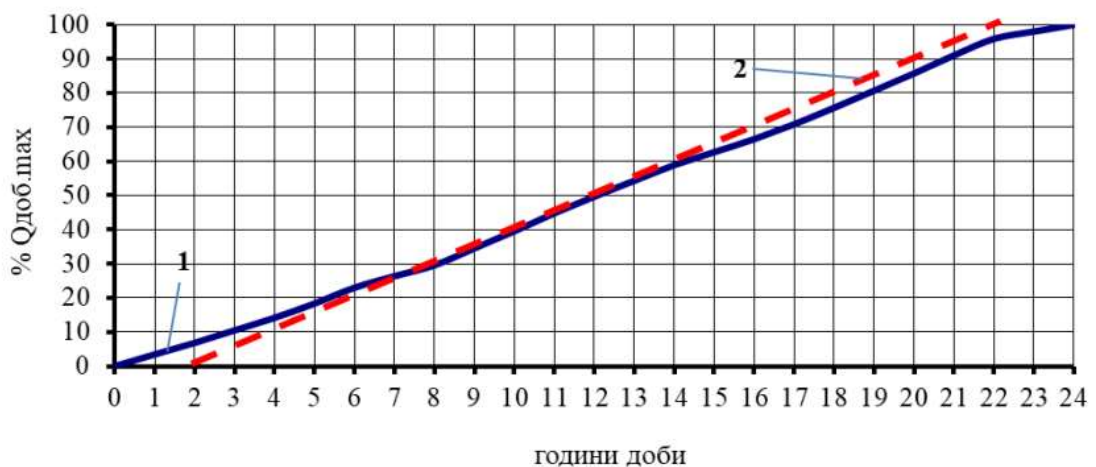


Рисунок 3.2 – Інтегральний графік водоспоживання підприємства:

1) водоспоживання підприємства; 2) подача води НС-2

Суть графічного методу, полягає в тому, щоб обрати такий режим роботи НС-2, який забезпечить мінімальний регулювальний об'єм. Тоді регулювальний об'єм водонапірної башти визначимо, м³ [23]:

$$V_{рез} = \frac{(d_i + d_n)}{100} \cdot Q_{доб.макс} \quad (3.16)$$

де d_i – максимальна різниця між перевищенням ординати споживання над подаванням води (рис. 3.2); d_n – навпаки максимальна різниця між перевищенням ординати подавання над споживанням води [23].

$$V_{рез} = \frac{468(5 + 3)}{100} = 37,44 \text{ м}^3.$$

Недоторканий запас води на випадок пожежі V_H розрахуємо, м³

$$V_H = 10 \cdot 60 \cdot (Q_c + Q_d) \quad (3.17)$$

$$V_H = 10 \cdot 60(0,011) = 6,6 \text{ м}^3.$$

На випадок відключення світла на підприємстві, необхідно забезпечити безаварійне водопостачання на протязі години V_a

$$W_a = 1 \cdot Q_{зод.макс} = 1 \cdot 24,7 = 24,7 \text{ м}^3. \quad (3.18)$$

Підсумовуючи отримані значення, визначимо об'єм води в напірному баку водонапірної башти

$$V_{BB} = 37,44 + 6,6 + 24,7 = 68,74 \text{ м}^3.$$

Для прийнятого режиму роботи НС-2, коли насос працює 20 годин на добу (рис. 3.2) визначимо його годинну подачу, м³/год

$$Q_{НС-II} = \frac{Q_{доб.макс}}{T_{НС-II}} \quad (3.19)$$

$$Q_{НС-II} = \frac{468}{20} = 23,4 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.20)$$

На підприємстві використовується башта Рожновського ВБР-100 з об'ємом бака 100 м^3 , висотою опори 24 м, діаметром опори 1,2 м, діаметр бака 3,02 м. Висота води в баку важлива для визначення напору НС-2. Зокрема на рисунку 3.3. подано схему, за якою можна встановити напір насосів НС-2.

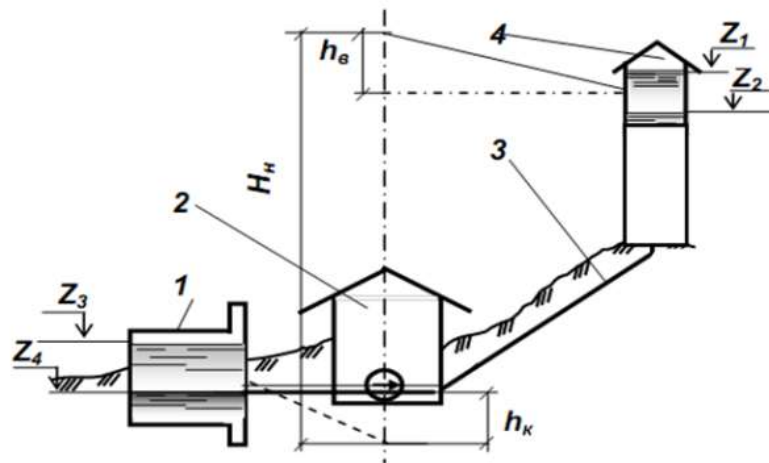


Рисунок 3.3 – Схема до визначення напору насосів НС-2: 1 - РЧВ; 2 – НС-2; 3 – водовід; 4 – бак водонапірної башти; h_k – втрати напору в НС-2, м; h_b – втрати напору у водоводі, м; Z_1 і Z_2 – позначки максимальних рівнів регульовального і пожежного запасів бака водонапірної башти, м; Z_3 , Z_4 – позначки максимальних рівнів регульовального і пожежного запасів РЧВ, м.

Відповідно до схеми, необхідний напір НС-2 розрахуємо з виразу [23]:

$$H_{\text{НС-2}} = 0,5(Z_1 + Z_2) - 0,5(Z_3 + Z_4) + h_k + h_b, \quad (3.21)$$

У розрахунках, сумарні втрати напору в комунікаціях насосної станції приймаємо $h_k=2$ м. Тоді напір НС-2 визначимо

$$H_{\text{НС-2}} = 0,5(193 + 186) - 0,5(160 + 163) + 2 + 7,92 = 37,72 \text{ м.}$$

Отже для забезпечення технологічного процесу виробництва харчової продукції на підприємстві, необхідно підібрати насос НС-2 з напором 38 м і витратою води $23,4 \text{ м}^3/\text{год}$.

3.5 Підбір насоса другого підйому та розрахунок його робочих характеристик

Насоси НС-2 повинні створити вільний напір, достатній для підйому води на встановлену висоту над поверхнею землі з відповідною продуктивністю. Відповідно до розрахунків подача насоса має складати $Q_n = 23,4 \text{ м}^3/\text{год}$, а напір $H_n = 37,72 \text{ м}$. Потужність насоса $N_{нс-2}$ розрахуємо, (Вт):

$$N_n = \frac{\rho \cdot g \cdot H_n \cdot Q_n}{\eta}, \quad (3.22)$$

де ρ - густина води, $\text{кг}/\text{м}^3$; η - ККД насоса, $\eta = 0,65 \dots 0,8$.

$$N_{нс-2} = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 37,72 \cdot 0,0065}{0,78} = 3003,45 \text{ Вт} = 3 \text{ кВт}.$$

Відповідно до розрахунків, підібрано поверхневий відцентровий насос LEO 7752683, з такими параметри: $\eta = 0,78$, $H_{\max} = 38 \text{ м}$, $N = 3,0 \text{ кВт}$, $n = 2850 \text{ об}/\text{хв}$, $Q_{\max} = 27 \text{ м}^3/\text{год}$ [15]. Для обраного насоса накреслено графік його робочих характеристик – залежності напору к.к.д. і споживаної потужності від продуктивності при $n = \text{const}$ (рис. 3.4) [6].

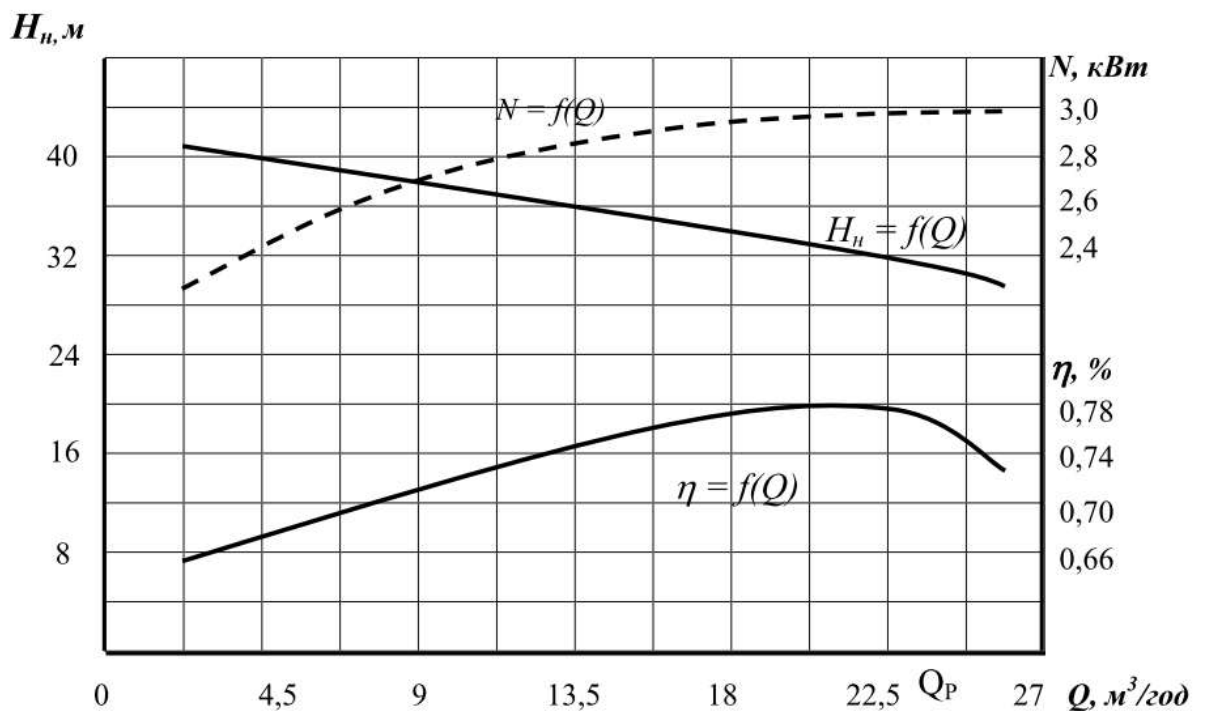


Рисунок 3.4 – Характеристики поверхневого насоса LEO 7752683

Обраний насос є енергоефективнішим в порівнянні з наявним на підприємстві відцентровим консольним насосом К 80-65-160.

3.6 Розробка електричної схеми управління роботою насосів системи водопостачання підприємства

Для ефективної роботи насосного агрегату, враховуючи те, що споживання води є на підприємстві є нерівномірним, важливо передбачити автоматичне керування роботою насоса.

Процес водопостачання на досліджуваному підприємстві виконано згідно схеми на рисунку 3.5.

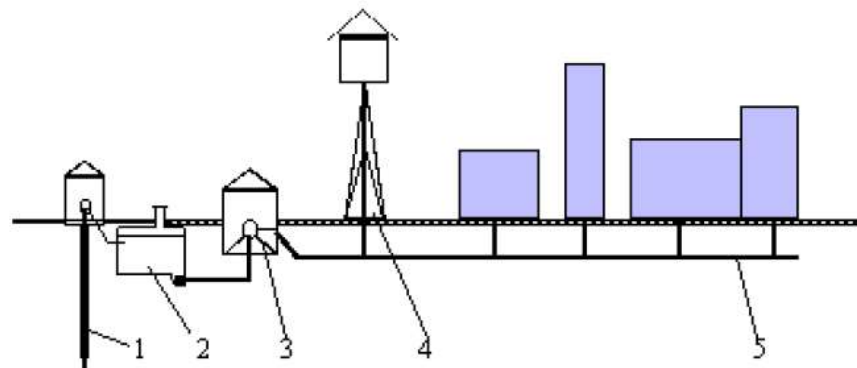


Рисунок 3.5 – Схема водопостачання підприємства: 1 – насос першого підйому, 2 – резервуар для зберігання попередньо очищеної води, 3 – насосна станція другого підйому, 4 – водонапірна башта, 5 – водопровідна мережа

Глибинний відцентровий насос 1 забирає воду з підземного джерела, і подає через систему очистки в резервуар чистої води 2. Це насосна станція першого підйому. З резервуара чистої води поверхневим насосом другого підйому 3 вода забирається і водоводами подається у бак водонапірної башти 4. На потреби підприємства вода подається з нижньої частини резервуару башти, де облаштований зворотній клапан. На рисунку 3.6 подано детальну

схему водонапірної башти Рожновського, яка використовується на досліджуваному підприємстві [23].

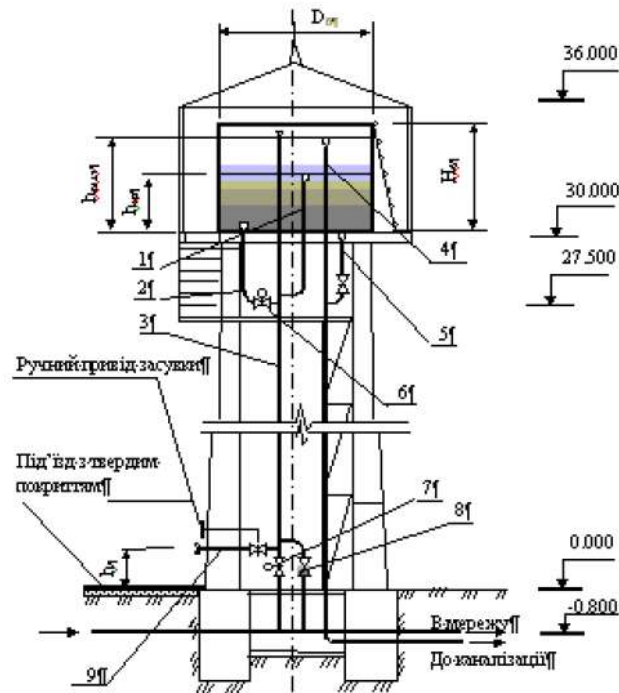


Рисунок 3.6 – Схема водонапірної башти Рожновського: 1 – трубопровід для забору води на господарсько-питні потреби; 2 – трубопровід для забору води на протипожежні потреби; 3 – відвідний трубопровід; 4 – переливна труба; 5 – грязьова труба; 6, 7 – електрозасувки; 8 – зворотній клапан; 9 – елементи для приєднання пожежної техніки

В даній системі водопостачання можна автоматизувати роботу насосного агрегату як першого так і другого підйомів. Ці схеми будуть подібні, оскільки параметром управління для обох насосів є рівень води відповідно в резервуарі чистої води і в резервуарі водонапірної башти. Цей рівень можна контролювати за допомогою електродних датчиків (рис. 3.7) [1].

Крім цього, для глибинного насосу першого підйому, необхідно також встановити датчик сухого ходу, що призначений для зупинки роботи насоса на випадок якщо знижується рівень води у трубчастому колодязі нижче встановленого рівня ще допомогою датчика [1].



Рисунок 3.7 – Загальний вигляд електродних датчиків рівня води в резервуарі

Розглянемо детальніше структурну схему системи водопостачання підприємства (рис. 3.8).

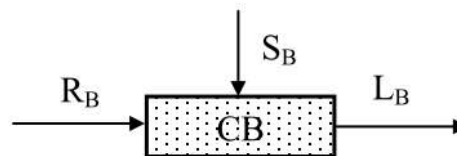


Рисунок 3.8 – Структурна схема системи водопостачання підприємства: СВ – система водопостачання; R_B – вхідна дія - подача води за допомогою глибинного насоса; L_B – куруюча дія, рівень води у резервуарі; S_B – збурюючи дія, споживання води на потреби підприємства

Нами розроблено електричну схему управління роботою відцентрового глибинного насоса, з застосуванням датчиків рівня води у резервуарі і датчиків сухого ходу в трубчастому колодязі. (рис. 3.9).

Спочатку розглянемо роботу насоса першого підйому, що знаходиться у воді. Згідно описаної схеми, увімкнене реле $KV2$, замикаючі контакти якого $KV2.1$ є замкнутими у ланцюзі котушки магнітного пускача KM , та контакти датчика сухого ходу $SL3$ теж замкнуті. Сигнальна лампа $HL4$ сигналізує нам про те що вода є. За допомогою перемикача $SA1$ можна задати режим роботи насоса.

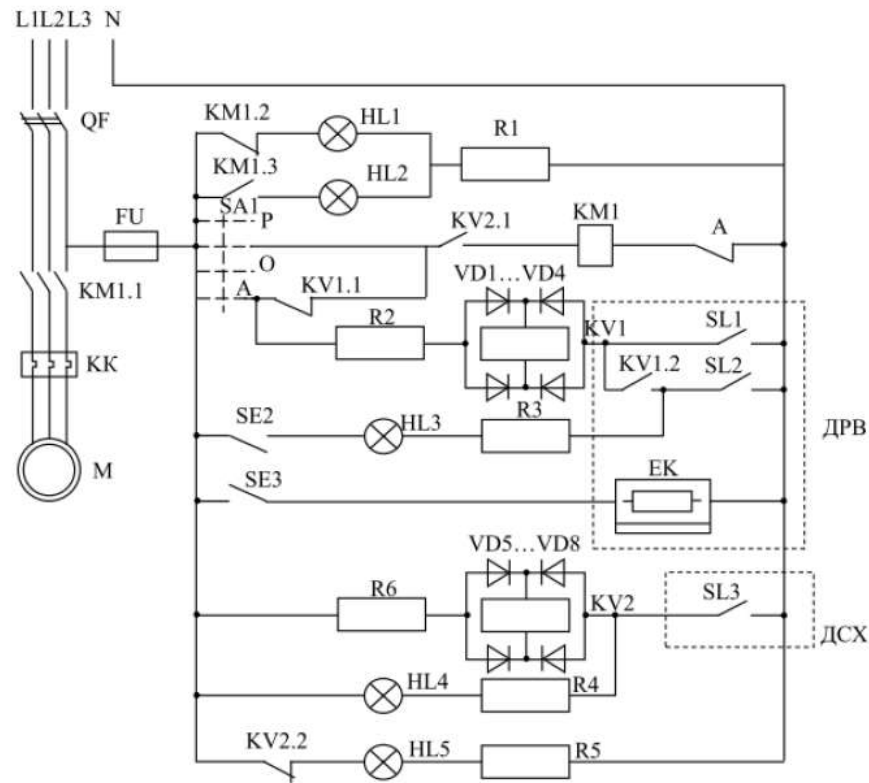


Рисунок 3.9 – Електрична схема роботи глибинного насоса першого підйому

Коли перемикач *SA1* встановлений у автоматичному положенні *A* і включений автомат *QF*, на електричну схему керування подається напруга. У випадку, якщо у резервуарі вода знаходиться нижче мінімально допустимого рівня, розімкнуті контакти *SL1* і *SL2* у схемі, реле *KV1* знеструмлене і замкнуті його контакти *KV1.1* у ланцюзі котушки магнітного пускача *KM*. Відповідно увімкнеться пускач магнітний який увімкне насос, що подаватиме воду у резервуар і лампа *HL2* засвітиться, а лампа сигнальна *HL1* згасне. Коли простір над корпусом датчика рівня і електродом нижнього рівня заповниться водою, до нульового заземленого проводу підключеним, контакти *SL2* замкнуться, але реле *KV1* не запрацює, тому що розімкнуті його контакти *KV1.2*, включені послідовно з контактами *SL2*. Коли вода підійметься до датчика електрода верхнього рівня, контакти *SL1* замкнуться, реле *KV1* увімкнеться, розімкне свої контакти *KV1.1* у ланцюзі котушки магнітного пускача *KM* і відключить його. Разом з цим контакти *KV1.2* замкнуться, і буде самопідживлятися через нижні контакти датчика *SL2*.

Згасне сигнальна лампа *HL2* і загориться *HL1*, що відключить глибинний насос. Насос знову включиться, коли рівень води у резервуарі знизиться до часу коли розімкнуться контакти *SL2* і реле *KV1* знеструмиться.

Якщо у колодязі знизиться вода, датчик сухого ходу спрацює і його контакти *SL3* розімкнуться, реле *KV2* знеструмиться що розімкне контакти *KV2.1* у ланцюзі котушки магнітного пускача *KM*, і відключить двигун глибинного насоса. Якщо спостерігається аварійне зниження рівня води в колодязі загоряється сигнальна лампа *HL5*, а згасає лампа *HL4*.

За допомогою вимикача *SA2* включають сигнальну лампу *HL3* для контролю рівня води. Якщо не горить лампа *HL3*, насос не включається, і якщо він і включений, то через то що в даний момент споживання більше за подачу насоса він воду не качає.

Разом з електродними датчиками (рис. 3.7) запропоновано використати автоматичний контролер рівня води (рис.3.10) [2].

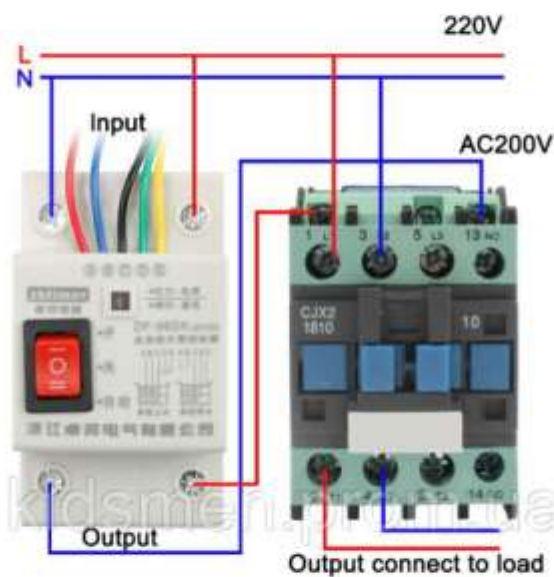


Рисунок 3. 10 – Автоматичний контролер рівня води

Такий прилад стежить за рівнем води у резервуарі і включає (відключає) насос, щоби встановити рівень води на потрібний рівень, або сигналізує про його відхилення [2].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Структурно-функціональний аналіз процесу водопостачання та розроблення моделі травмонебезпечних та аварійних ситуацій

Розробка заходів з охорони праці розпочинається з визначення оцінюючих показників безпеки при роботі на машинах і обладнанні системи водопостачання. Водопровідні насосні станції є одним із найважливіших елементів в системах водопостачання і, з погляду безпеки праці, є акумуляторами ряду специфічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Розглянемо основні з них [14, 20].

Травмування через відсутність захисних огорожень усіх рухомих частин водопровідно-каналізаційних споруд під час їх експлуатації.

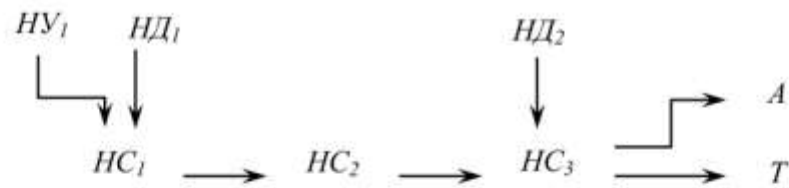


Рисунок 4.1 – Модель процесу

Здійснимо короткий аналіз даного фактора:

Вид робіт: робота у приміщеннях насосної станції;

1. Небезпечна умова (НУ): відсутні захисні пристрої приводів та обертових органів обладнання насосних станцій НУ₁;

2. Небезпечна дія (НД): При роботі працюючий стоїть не у зазначеному місці НД₁; працюючий знаходиться у небезпечній зоні НД₂;

3. Небезпечна ситуація (НС): Захоплення одягу працівника НС₁; зтягування його НС₂; заклинювання обладнання насосних станцій НС₃;

4. Травма (Т), аварія А.

Заходи запобігання небезпечним ситуаціям: Організувати постійний контроль за станом і наявністю захисних пристроїв.

Травмування електричним струмом через несправність захисного заземлення, використання пошкоджених кабелів і електропроводів або неналежний санітарний стан підлоги приміщення насосної станції.

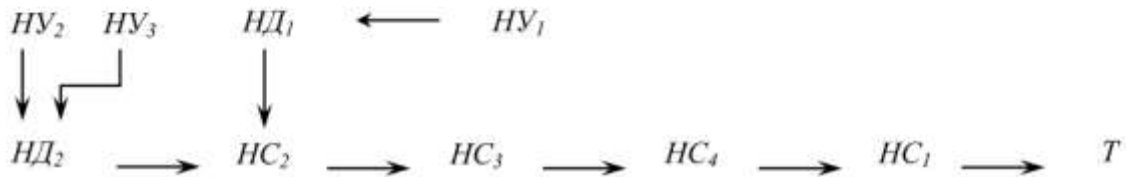


Рисунок 4.2 – Модель процесу

Проаналізуємо фактор:

1. Вид робіт: робота біля щита керування електрообладнання насосної станції;

2. Небезпечна умова (НУ): відсутні захисні дерев'яні щити на підлозі НУ₁; вийшов з ладу захист заземлення НУ₂; вийшли з ладу кабелі електропроводів НУ₃;

3. Небезпечна дія (НД): при роботі працюючий стоїть у небезпечній зоні НД₁; при роботі працюючий знаходиться не у зазначеному місці НД₂;

4. Небезпечна ситуація (НС): ураження струмом через відсутність дерев'яних щитів НС₁; ураження струмом через неналежний стан підлоги НС₂; ураження струмом через пошкодження кабелів НС₃; ураження струмом через неналежний захист заземлення НС₄.

5. Травма (Т).

Заходи запобігання небезпечним ситуаціям: перевіряти стан захисного заземлення; усувати несправність захисного заземлення; проводити нагляд за пошкодженнями електропроводів; виготовити необхідну кількість захисних щитів на підлогу.

4.2 Вимоги безпеки під час експлуатації елементів системи водопостачання підприємства

Усі агрегати і механізми у приміщеннях насосних станцій повинні бути забезпечені природним і штучним освітленням. Крім робочого освітлення, у машинному приміщенні передбачають аварійне освітлення електричними ліхтарями. Температура повітря у машинному відділенні з постійною присутністю персоналу в опалювальний період повинна бути не нижче $+16^{\circ}\text{C}$ і не більше $+35^{\circ}\text{C}$ в зоні встановлення насосних агрегатів.

Не дозволяється припиняти роботу, вводити або виводити із резерву агрегати без відома керівництва, крім випадків, коли є загроза безпеці людей або збереженню устаткування. Черговий машиніст водопостачання у випадку виникнення аварії незалежно від присутності осіб, старших за посадою, одноосібно приймає рішення і здійснює необхідні заходи.

Для усунення небезпеки вибуху або отруєння працівників у разі потрапляння в приміщення насосної станції вибухонебезпечних і шкідливих газів, парів або рідин необхідно вживати такі заходи: а) освітлення резервуарів, решіток, двигуна та інших пристроїв здійснюють у вибухобезпечному виконанні; б) стан повітря в приміщеннях насосної станції контролюють з допомогою газоаналізаторів; в) порядок контролю повітря під час експлуатації насосної станції і чищення резервуарів передбачається інструкцією відповідно до місцевих умов.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Заходи щодо захисту цивільного населення плануються проводитись в населеному пункті де розташоване підприємство. Водночас характер та зміст захисних засобів встановлюється в залежності від виду та ступеня загрози,

місцевих умов з урахуванням важливості виробництва для безпеки населення і інших економічних і соціальних чинників.

Ефективність захисту населення у НС може бути досягнута тільки на основі усвідомленого урахування принципів забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях і ефективному використанні всіх засобів і способів, що послаблюють її негативні впливи та збільшують безпеку населення [20].

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях - це евакуація населення, його *укриття в захисних спорудах*, наприклад у бомбосховищах, використання засобів індивідуального захисту і медичної профілактики.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) населення захищають від потрапляння всередину організму, на шкірні покриви та одяг радіоактивних, отруюючих речовин і бактеріальних засобів. Важливу роль в цьому відіграють медичні засоби індивідуального захисту, які призначені для профілактики і надання медичної допомоги населенню, постраждалому у НС. З їх допомогою можна зберегти життя, попередити або значно зменшити ступінь розвитку поразки людей, підвищити стійкість організму людини до впливу деяких небезпечних і шкідливих чинників. До них відносяться радіопротектори, антидоти, протибактеріальні засоби, а також засоби часткового санітарного опрацювання.

4.4 Охорона поверхневих вод

Основними забруднювачами поверхневих вод є стічні води. Стічні води молокопереробних підприємств утворюються під час миття тари, технологічного обладнання, приміщень та забруднюються залишками молока, продуктами його переробки, миючими засобами. Стічні води молокозаводів належать до концентрованих, тому використовувати для їх очищення стандартну технологію очищення міських стоків неможливо [18].

За кількісним та якісним складом забруднень стоки молокозаводів поживне середовище для розвитку метаноутворюючих мікроорганізмів. При використанні анаеробної ферментації утворюється біогаз. Вихідне значення ХСК стічних вод маслозаводу становить 2400 мг O_2 /л. Під час метанового зброджування при швидкості розведення 0,02-0,04 год⁻¹ величина ХСК зменшується до 200 мг O_2 /л, рН зростає до 6,5-7, вміст амонійного азоту збільшується до 40 мг/л, що свідчить про інтенсивність розкладання білкових речовин. Ефект попереднього очищення становить 85% за ХСК [18].

Внаслідок аеробної ферментації ХСК зменшується до 40-60 мг O_2 /л, концентрація амонійного азоту - до 2,5 мг/л, що свідчить про процес нітрифікації. Доочищення в біофільтрі забезпечує зниження ХСК до 10-20 мг O_2 /л. Ефект очищення при використанні повної схеми, включаючи метанову, аеробну ферментацію та біологічну фільтрацію, становить 95-97%.

За низьких значень ХСК застосовувати метантенки економічно не вигідно. Використання лише аеротенка з оптимальним повітропостачанням і біофільтра для очищення стічних вод підприємства при вихідному значенні ХСК 1000 мг O_2 /л дає можливість зменшити його величину після перебування стоків в аеротенку протягом доби до 60-40 мг O_2 /л, на виході з біофільтра - до 20 мг O_2 /л.

Особливістю активного мулу метанової ферментації є високий вміст ціанокобаламіну - 40-50 мкг в 1 г сухої речовини, тоді як в активному мулі, що утворюється під час аеробного окиснення, 25-30 мкг в 1 г. Це дає можливість використання анаеробного активного мулу як кормового вітаміну B_{12} .

Таким чином для очищення стічних вод молокопереробного підприємства ТзОВ «Радивилівмолоко» ефективною є схема, яка включає стадію метанової ферментації - для попереднього оброблення концентрованих стічних вод, аеробну ферментацію - як основний етап очищення і біологічну фільтрацію - для доочищення. Застосування запропонованої схеми дозволяє практично повністю очистити такі стоки.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОЗРОБОК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою даного розділу є визначення терміну окупності розробок роботи для системи водопостачання та їх ефективності. Для підвищення енергоефективності системи водопостачання, заміну насосних агрегатів першого і другого підйомів, а також автоматизацію їх роботи.

Окупність впроваджень можна порахувати за формулою:

$$T = \frac{K}{E}, \text{ зрн}, \quad (5.1)$$

де: K – обсяги капіталовкладнь, грн; E – економічна ефективність системи водопостачання за рахунок впровадження розробок, грн.

Тоді визначимо капіталовкладення, грн:

$$K = V_b + V_{n-1} + V_{n-2} + V_d + V_o, \text{ грн}, \quad (5.2)$$

де V_b – вартість водоводів, грн; V_{n-1} – вартість глибинного насоса першого підйому, грн.; V_{n-2} – вартість поверхневого насоса другого підйому, грн.; V_d – вартість допоміжного устаткування (елементи системи автоматики, датчики рівня, контролери тощо), грн; V_o – оплата праці, грн.

У роботі запропоновано замінити старі металеві водоводи, які з'єднують РЧВ з водонапірною баштою, а також водонапірну башту з внутрішньою мережею підприємства, на поліетиленові труб ПЕ SDR [23; 24]. Для розрахунку вартості трубопроводів та допоміжних елементів, а також вартості їх прокладання скористались даними з [17], таким чином вартість приймаємо $V_b = 20000$ грн.

Вартість прийнятого глибинного насоса НС-1 Dongyin 7771873 становить $V_{n-1} = 28\,994$ грн [4]. Ціна поверхневого відцентрового насоса НС-2 LEO 7752683 складає $V_{n-2} = 19564$ грн [15]. Ціну на додаткове устаткування, що включає елементи автоматики насосних станцій, датчики рівнів проміжні

реле, води, контролери і інші елементи приймаємо $V_d = 10000$ грн [3].
Витрати на роботи щодо модернізацію системи водопостачання, включаючи оплату праці кваліфікованим працівниками приймаємо $V_o=50000$ грн.

Отже загальні капіталовкладення K в модернізацію системи водопостачання підприємства визначимо

$$K = 28994 + 19564 + 10000 + 20000 + 50000 = 128558 \text{ грн.}$$

Визначимо втрати потужності для діючого консольного насоса К 80-65-160 з потужністю 7,5 кВт і ККД – 0,70, і проектного поверхневого насоса LEO 7752683 з такими параметри: $\eta = 0,78$ і $N = 3.0$ кВт

$$P' = P \cdot ((1 - \eta_d) / \eta_n), \quad (5.3)$$

де η – ККД насосів ($\eta_d = 0,70$ %, $\eta_{np} = 0,78$ %).

Тоді втрати потужності для діючого насоса К 80-65-160 складатимуть

$$P_d = 7,55 \cdot ((1 - 0,70) / 0,70) = 3,24 \text{ кВт,}$$

Для обґрунтованого насоса LEO 7752683 втрати потужності визначимо

$$P_{np} = 3,0 \cdot ((1 - 0,78) / 0,78) = 0,85 \text{ кВт.}$$

Втрати енергії ΔP визначимо, кВт·год:

$$\Delta P = P' \cdot K_z \cdot F_d, \quad (5.4)$$

де K_z – коефіцієнт завантаження за потужністю, $K_z = 0,65$; F_d – дійсний річний фонд часу роботи насосу, год.

Для дійсного насоса

$$\Delta P_d = 3,24 \cdot 0,65 \cdot 7300 = 15373,8 \text{ кВт·год.}$$

Для проектного насоса

$$\Delta P_{np} = 0,85 \cdot 0,65 \cdot 7300 = 4033,25 \text{ кВт·год.}$$

Затрати на електроенергію розрахуємо, грн:

$$V_{\text{втр}} = \Delta P \cdot z, \quad (5.5)$$

де z – встановлений тариф на електричну енергію для непобутових споживачів рівний 345,73 грн. за 100 кВт·год (станом на 20.04.2024 р).

Для діючого варіанту

$$V_{\text{втр д}} = 15373,8 \cdot 3,45 = 53039,6 \text{ грн.}$$

Для проектного варіанту

$$V_{\text{втр пр}} = 4033,25 \cdot 3,45 = 13914,7 \text{ грн.}$$

Тоді загальна річна економія електричної енергії E_e складатиме

$$E_e = V_{\text{втр д}} - V_{\text{втр пр}} = 53039,6 - 13914,7 = 39124,91 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

Тоді термін окупності визначимо

$$T = \frac{128558}{39124,91} = 3,3 \text{ років.}$$

Таким чином модернізація системи водопостачання досліджуваного підприємства, яка влючає заміну насосних агрегатів першого і другого підйомів, а також їх автоматизації сприятиме підвищенню енергоефективності даної системи. Окупність розробок складає 3,3 років.

ВИСНОВКИ

У результаті аналізу виробничої та господарської діяльності молокопереробного підприємства встановлено, що для безперебійного і надійного водопостачання підприємства, зменшення експлуатаційних затрат, а також затрат енергії і праці необхідно обґрунтувати енергоефективні насоси першого і другого підйому і автоматизувати їх роботу.

Обґрунтовано схему водопостачання підприємства. Обґрунтовано відцентровий глибинний насос Dongyin 7771873 4SD16/20 з асинхронним двополюсним двигуном з максимальним напором $H=119$ м, витратою води $Q = 21$ м³/год та потужністю $N = 5,5$ кВт, що дозволяє задовільнити потреби водоспоживання.

Обґрунтовано насос другого підйому – поверхневий відцентровий насос LEO 7752683, з наступними параметри: $\eta = 0,78$, $H_{\max} = 38$ м, $N = 3,0$ кВт, $n = 2850$ об/хв, $Q_{\max} = 27$ м³/год, побудовано його характеристики.

Розглянуто питання автоматизації роботи насосів, зокрема для цього розроблено електричну схему автоматизованої роботи глибинного насоса з застосуванням датчиків контролю рівня води як в резервуарі чистої води так і напірному баку водонапірної башти.

Запропоновані заходи з охорони праці та довкілля, які дозволяють створити безпечні умови праці на підприємстві і знизити негативний вплив на оточуюче середовище.

Для здійснення заходів щодо модернізації системи водопостачання підприємства необхідно вкласти 128558 грн, при цьому термін окупності становить 3,3 роки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Автоматизація установок водопостачання. : URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/%D0%B5lektroenergetuka/Avtomotuzaci_a_tehnologihnuh_procesiv_i_sustemu_avtomatuhnego_keryvanna/2/2.1.htm (дата звернення: 16.01.2024).
2. Автоматичний контролер рівня води 220В : URL: <https://prom.ua/ua/p1790515711-avtomaticheskij-kontroller-urovnya.html> (дата звернення: 10.03.2024).
3. Василенков В. Є. Системи водопостачання в сільському господарстві і їх технологічне оснащення. *Енергетика і автоматика*. 2015. № 1. С. 55–63.
4. Відцентровий глибинний насос Dongyin 7771873 4SD16/20. : URL: <https://kty.com.ua/uk/skvazhinnyj-nasos-dongyin-4sd16-20-55-kvt-380-v.html> (дата звернення: 11.03.2024).
5. ВНБ 46 / 33-2.5-5-96. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. Київ, 1996. 152 с.
6. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод [В. А. Дідур, О. Д. Савченко, С. І. Пастушенко, С. І. Мовчан]; за заг. ред. В. А. Дідура. Запоріжжя : Прем'єр, 2005. 464 с.
7. Герасимов Г. Г. Проектування автоматизованих насосних станцій підкачки : навч. посіб.довідн. Рівне : НУВГП, 2007. 552 с. : іл.
8. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. зовнішні мережі та споруди. Київ. 2013. 301 с.
9. Енергозбереження у водопостачанні та каналізації : URL: <https://patriot-nrg.com/content/energozberezhennya-u-vodopostachanni-ta-kanalizaciyi> (дата звернення: 26.12.2023).
10. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.

11. Орлов В. О., Зошук А. М. Проектування систем сільськогосподарського водопостачання: навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2005. 252 с., іл.
12. Орлов В.О. Сільськогосподарське водопостачання та водовідведення : підручник / Рівне : УДУВГП, 2002. 203 с.
13. Охорона та раціональне використання природних ресурсів і рекультивація земель: Навч. пос. / П.П. Надточій, Т.М. Мислива, В.В., Морозов та ін.; За заг. ред. П.П. Надточія, Т.М. Мисливої. Житомир: Видавництво “Державний агроекологічний університет”, 2007. 420 с.
14. Пістун І. П. Безпека життєдіяльності: навч. посіб. Суми : Унів. кн., 1999. 301 с.
15. Поверхневий відцентровий насос LEO 7752683. : URL: <https://epicentrk.ua/shop/nasos-tsentrobezhnuyu-leo-380v-3-0kvt-hmax-38-m-qmax-450-l-min-2-7752683.html> (дата звернення: 26.04.2024).
16. Проектування та монтаж водопостачання та каналізації з пластикових труб: ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 44 с.
17. Прокладка поліпропіленових труб-ціни. : URL: <https://www.rabotniki.ua/uk/price/prokladka-polipropilenovyh-trub-vodosnabzheniya-1640> (дата звернення: 16.02.2024).
18. Соколовський О. Ф. Напрямки енергозбереження в насосних установках. Вісник ЖДТУ. 2008. № 3 (46). С. 39-47.
19. Срібнюк С. М. Насоси та насосні установки. Розрахунки, застосування та випробування. Київ: Центр навчальної літератури (ЦУЛ). 2019. 312 с.
20. Сторожук В. М., Джигерей В. С., Сторожук В. М. Практикум з охорони праці: навч. посібник. Львів: Афіша, 2000. 352 с.
21. Сухарев С. М., Чудак С. Ю., Сухарева О. Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища : навч. посібник. Львів: Новий світ, 2004. 280 с.

22. ТзОВ «Радивилівмолоко» : URL: <https://radymo.ua/pro-kompaniiu/> (дата звернення: 30.11.2023).
23. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. Київ : Знання, 2009. 735 с.
24. Труби безнапірні з поліпропілену, поліетилену, непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для зовнішніх мереж каналізації будинків і споруд та кабельної каналізації. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.5-32:2007. Київ: М-во регіонального розвитку та будівництва України, 2007. 115 с.
25. Хоружий П. Д., Орлов В. О. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню і каналізації / Київ : Урожай, 1992. 294 с.
26. Kalenik M. Zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 2015. 282 p.