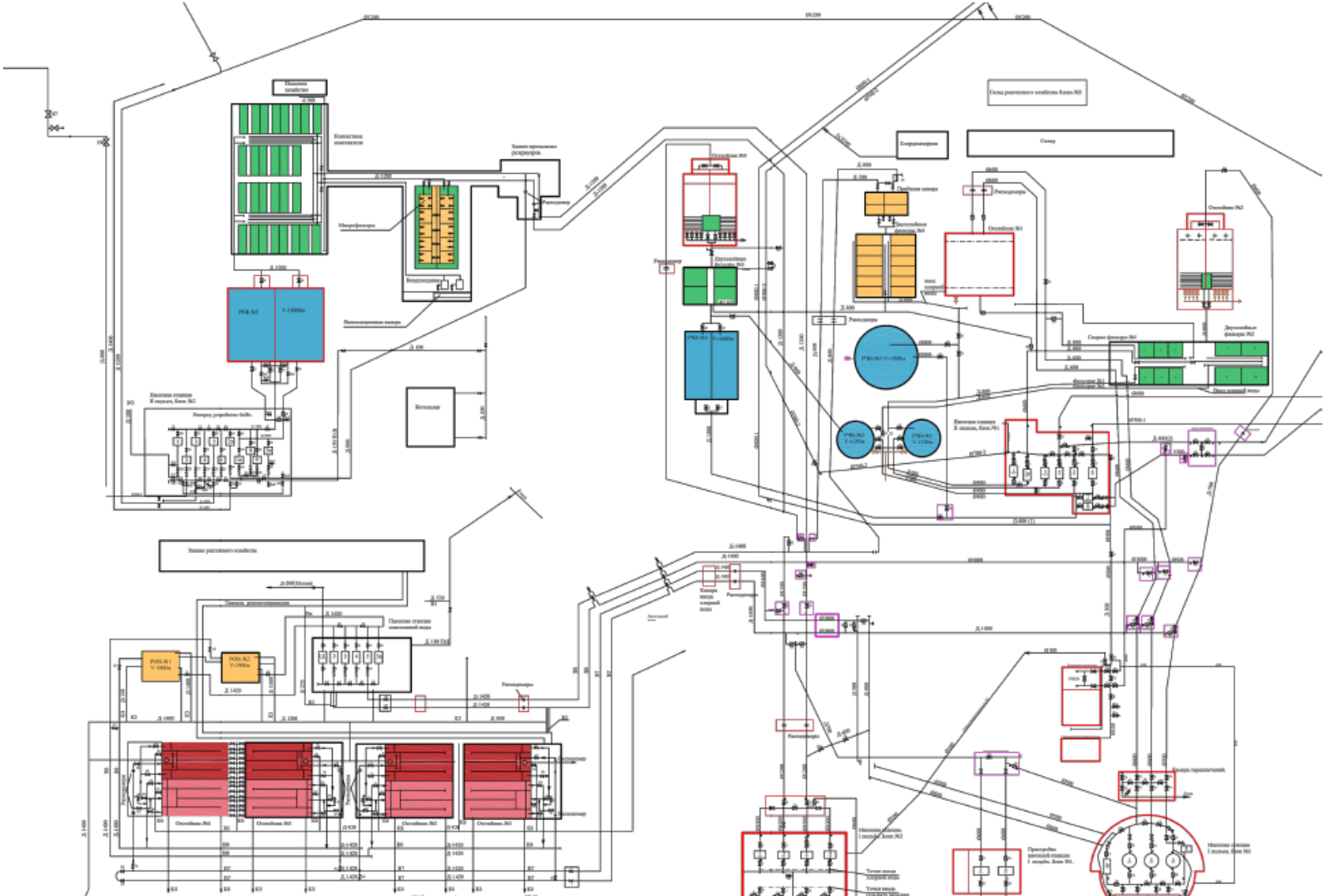
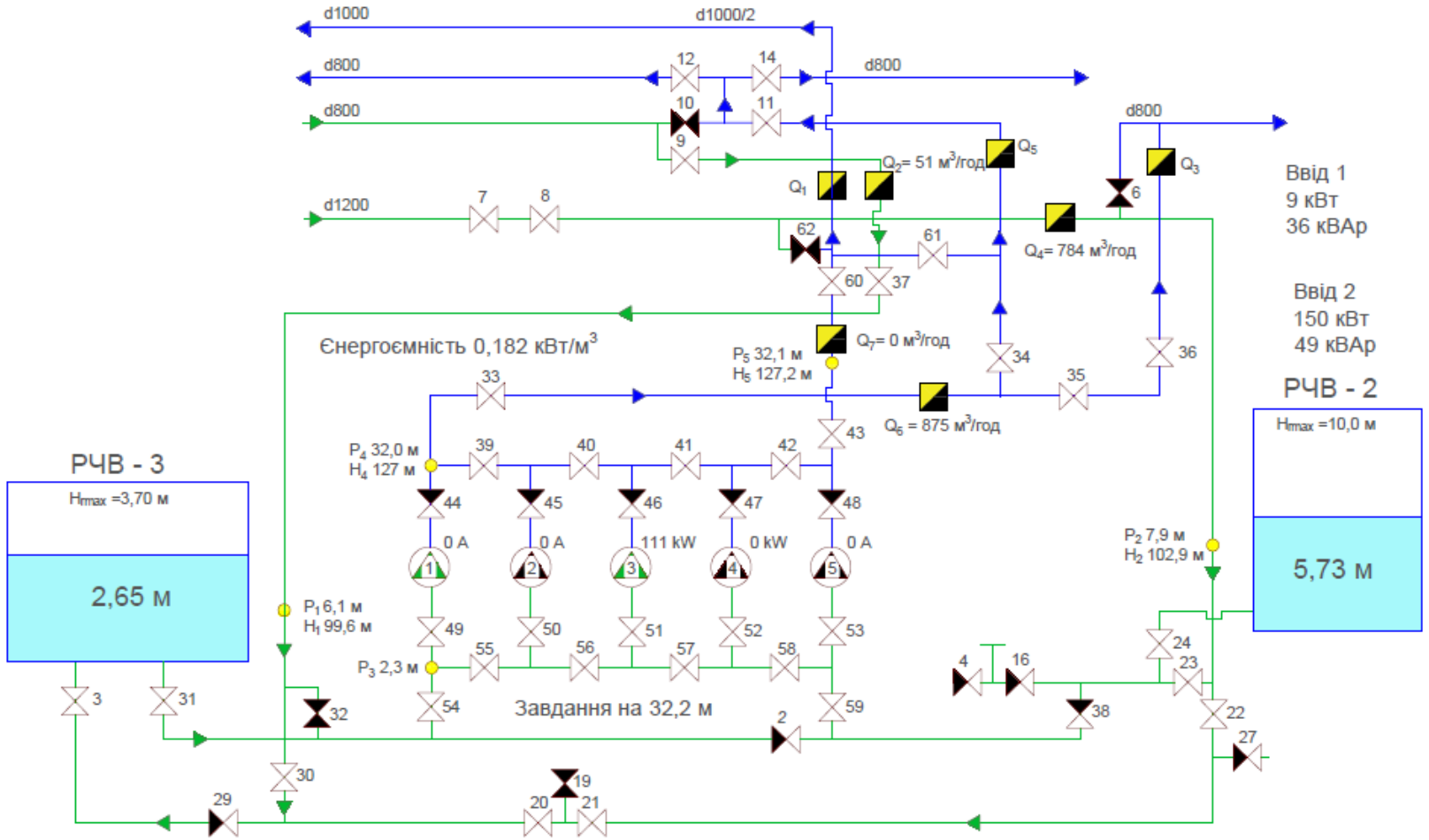
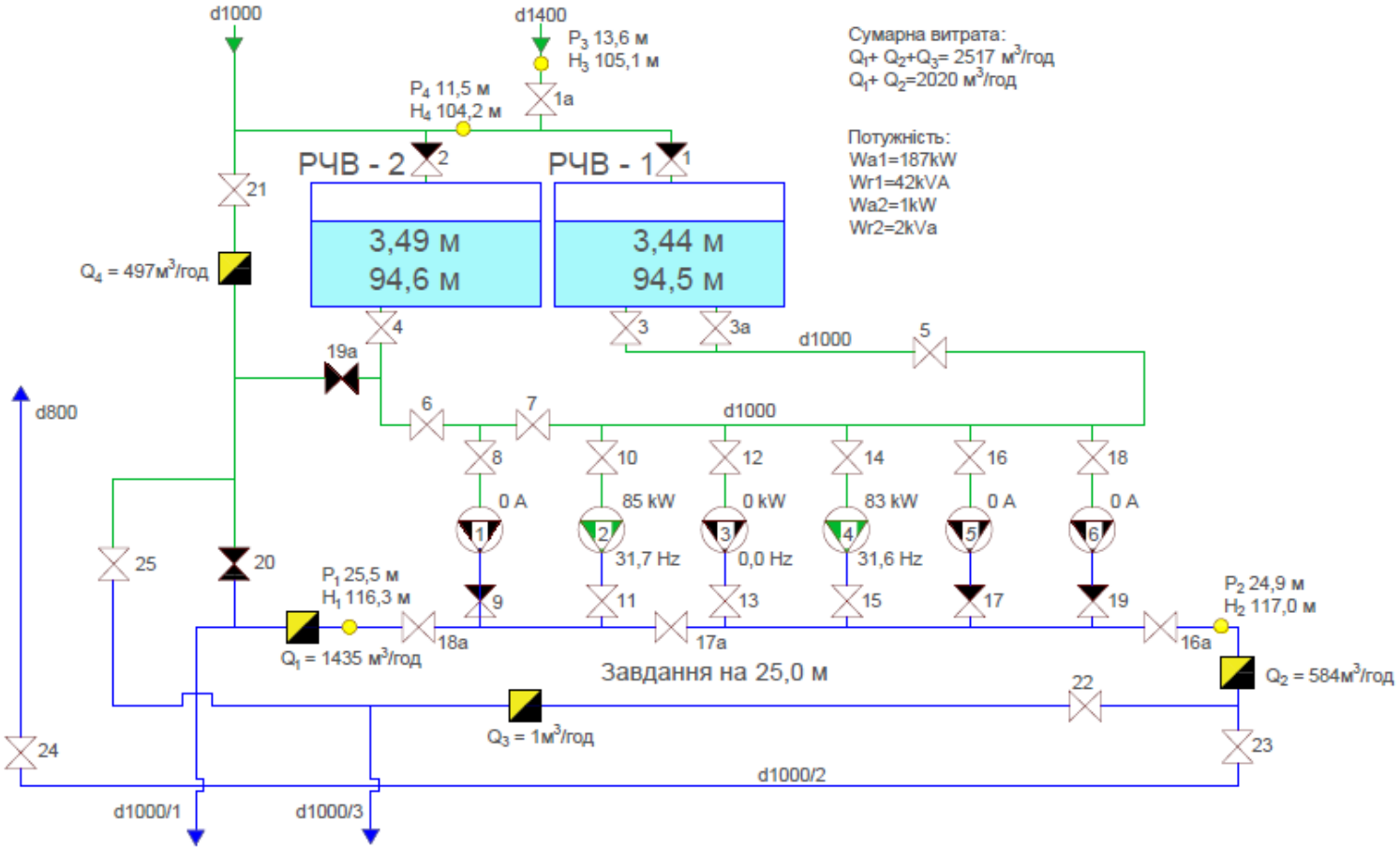



d1000
d1000/2
d800
d800
d800
d800
d800
d1200
12
14
10
11
9
7
8
62
61
60
37
6
Q1
Q2= 51 м³/год
Q5
Q3
Q4= 784 м³/год
Ввід 1
9 кВт
36 кВАр
Ввід 2
150 кВт
49 кВАр
Єнергоємність 0,182 кВт/м³
Q7= 0 м³/год
P5 32,1 м
H5 127,2 м
34
36
33
35
Q6 = 875 м³/год
43
РЧВ - 3
Hmax =3,70 м
2,65 м
P4 32,0 м
H4 127 м
39
40
41
42
44
45
46
47
48
0 A
0 A
111 kW
0 kW
0 A
1
2
3
4
5
P2 7,9 м
H2 102,9 м
РЧВ - 2
Hmax =10,0 м
5,73 м
P1 6,1 м
H1 99,6 м
49
50
51
52
53
55
56
57
58
P3 2,3 м
54
Завдання на 32,2 м
59
2
4
16
24
23
38
22
27
3
31
32
30
29
19
20
21


d1000
d1400
P3 13,6 м
H3 105,1 м
P4 11,5 м
H4 104,2 м
1a
РЧВ - 2
2
РЧВ - 1
1
21
3,49 м
94,6 м
3,44 м
94,5 м
Q4 = 497м3/год
4
3
3a
d1000
5
19a
d800
6
7
d1000
8
10
12
14
16
18
0 A
85 kW
0 kW
83 kW
0 A
0 A
1
2
3
4
5
6
31,7 Hz
0,0 Hz
31,6 Hz
25
20
P1 25,5 м
H1 116,3 м
9
11
13
15
17
19
P2 24,9 м
H2 117,0 м
Q1 = 1435 м3/год
18a
17a
16a
Завдання на 25,0 м
Q2 = 584м3/год
22
Q3 = 1м3/год
24
23
d1000/2
d1000/1
d1000/3
Сумарна витрата:
Q1+ Q2+Q3= 2517 м3/год
Q1+ Q2=2020 м3/год
Потужність:
Wa1=187kW
Wr1=42kVA
Wa2=1kW
Wr2=2kVa

АНОТАЦІЯ

Скулкіна В.Л. Аналіз ефективності застосування регульованих електроприводів на міських насосних станціях.

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.Г. Добровольська. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра міського будівництва та господарства, 2020.

Виконаний аналіз структури енерговитрат у житлово-комунальному господарстві. Проаналізовано принцип роботи «насосне обладнання – водопровідна мережа». Досліджено вплив напівпровідникових перетворювачів частоти обертання вала двигунів на роботу насосів. Приведено розрахунок щодо обраного заходу економії електроенергії насосної станції. Розроблено рекомендації для ефективного та економічного використання насосного обладнання.

Ключові слова: ВОДОПРОВІДНА СТАНЦІЯ, НАСОСНА СТАНЦІЯ, ЕНЕРГОВИТРАТИ, ЕЛЕКТРОДВИГУН, НАСОС, ККД

ANNOTATION

Skulkina V.L. Analysis of efficiency of application of regulated electric drives at urban pumping stations.

Qualiflying graduation work on obtain a higher education master's degree by specialty 192 – Construction and Civil Engineering, scientific supervisor O.G. Dobrovolska. Zaporizhzhia National University. Engineering Institute. Faculty of Construction and Civil Engineering, department of Civil Engineering, 2020.

The analysis of the structure of energy consumption in housing and communal services was performed. The principle of work "pumping equipment - water supply network" is analyzed. The influence of semiconductor converters of motor shaft speed on the work of pumps is investigated. The calculation of the

selected measure of energy saving of the pumping station is given. Recommendations for efficient and economical use of pumping equipment have been developed.

Keywords: WATER PLANT, PUMPING STATION, POWER PLANTS, ELECTRIC MOTOR, PUMP, EFFICIENCY

АННОТАЦИЯ

Скулкина В.Л. Анализ эффективности применения регулируемых электроприводов на городских насосных станциях.

Квалификационная выпускная работа на получение степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель О.Г. Добровольская. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра городского строительства и хозяйства, 2020.

Выполненный анализ структуры энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве. Проанализированы принцип работы «насосное оборудование - водопроводная сеть». Исследовано влияние полупроводниковых преобразователей частоты вращения вала двигателей на работу насосов. Приведены расчет относительно выбранного мероприятия экономии электроэнергии насосной станции. Разработаны рекомендации для эффективного и экономичного использования насосного оборудования.

Ключевые слова: ВОДОПРОВОДНАЯ СТАНЦИЯ, НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ, ЭНЕРГОЗАТРАТЫ, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ, НАСОСЫ, КПД

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра міського будівництва і господарства
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

магістр
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз ефективності застосування регульованих електроприводів на міських насосних станціях

Виконав: студент 2 курсу, групи БГД-18-3мз
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми водопостачання та водовідведення
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

В.Л. Сидякіна
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, канд. тех. наук Добровольська О.Г.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент ст. викладач Світличний В.Б.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет будівництва та цивільної інженерії
Кафедра міського будівництва та господарства
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 „Будівництво та цивільна інженерія"
(код та назва)
Освітня програма Водопостачання та водовідведення
(код та назва)
Спеціалізація ____________________
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Балах А.В.
«03» 09 2019 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Скуліченої Вікторії Леонідівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз ефективності застосування регульованих електроприводів на міських насосних станціях
керівник роботи Добровольська Оксана Григорівна, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «10» вересня 2019 року № 1543-С
2 Строк подання студентом роботи ____________________
3 Вихідні дані до роботи схеми насосних станцій і характеристики насосного обладнання

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз заходів з оптимізації роботи насосних станцій 2. Аналіз ефективності використання насосного обладнання. 3. Аналіз ефективності роботи насосної станції ІІІ-го підйому м. 4. Охорона праці та техногенна безпека
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Генплан будівель РВС-1. 2. Схема насосної станції І-го підйому 3. Економічні показники впровадження нового обладнання. 4. Схема насосної станції „Хортицька". 5. Аналіз роботи насосів на станції „Хортицька". 6 Схема насосної станції „Левашевської". 7, 8 Аналіз роботи насосів станції „Левашевської"

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.Аналіз заходів з оптимізації роботи насосних ст.	Добровольська О.Т., доцент	[підпис]	[підпис]
2. Аналіз ефективності використання насосів	Добровольська О.Т., доцент	[підпис]	[підпис]
3. Аналіз ефективності роботи нас. станції ш.Піонерську	Добровольська О.Т., доцент	[підпис]	[підпис]
4. Охорона праці та техногенна безпека	Добровольська О.Т. доцент	[підпис]	[підпис]

7 Дата видачі завдання 3.09.2019р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз заходів з оптимізації роботи насосних станцій шахт №1	3.09-1.10.2019	
2.	Аналіз ефективності використання насосів і підйомів шахт №2,3	2.10.-1.11.2019	
3	Аналіз ефективності роботи на насосній станції Хортицька №4,5	2.11-1.12.2019	
4	Аналіз ефективності роботи насосної станції „Левадівська" шахти №6-8	2.12-20.12.2019	
5	розділ „Охорона праці та техногенна безпека"	21.12-10.01.2020	

Студент [підпис] В.Л. Скуленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) [підпис] О.Т. Добровольська
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер [підпис] Ростащенко О.М.
(підпис) (ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

Вступ 10
1 Аналіз заходів з оптимізації роботи насосних станції 14
1.1 Насосні станції та структура енерговитрат у житлово–комунальному господарстві 14
1.2 Насосний агрегат як енергоємна частина насосної станції 21
1.3 Режим роботи «насос–мережа» 24
1.4 Дросельне регулювання роботи «насос – мережа» 26
1.5 Облицювання (обрізка) робочих коліс насосів 29
1.6 Байпасування та метод впускання повітря 30
1.7 Регулювання поворотом лопатей насосу 31
1.8 Регулювання зміною частоти обертання робочого колеса насоса 32
1.9 Комбінований спосіб регулювання зміною частоти обертання робочого колеса та дроселюванням 36
1.10 Висновки 37
2 Аналіз ефективності використання насосного обладнання на об’єкті 39
2.1 Характеристика об’єкту ДВС–1 39
2.2 Насосна станція–І підйому 1 блока 41
2.3 Технічне переоснащення водопровідної насосної станції–І підйому блока №1 44
2.3.1 Технічне рішення переоснащення 44
2.3.2 Характеристика об’єкту проектування 45
2.3.3 Оцінка результатів 49
2.3.4 Висновки 56
3 Аналіз ефкетивної роботи насосної станції ІІІ-го підйому 58
3.1 Характеристика об’єкту НС «Хортицька» 58
3.1.1 Характеристика обладнання насосної станції «Хортицька» 58
3.1.2 Режим роботи насосної станції «Хортицька» 60
3.1.3 Характеристики насоса та мережі на НС «Хортицька» 63
3.1.4 Показники енергетичної ефективності на НС «Хортицька» 70

3.1.5 Висновки 71
3.2 Характеристика об’єкту НС «Леваневська» 72
3.2.1 Характеристика обладнання насосної станції «Хортицька» та її режим роботи 72
3.2.2 Характеристики насосів та мережі на НС «Леваневська» 76
3.2.3 Показники енергетичної ефективності на НС «Леваневська» 85
3.2.4 Висновки 86
4 Охорона праці та технологічна безпека 87
4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища насосної станції І підйому 88
4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці 90
4.3 Виробнича санітарія 92
4.3.1 Освітлення 93
4.3.2 Опалення та вентиляція 95
4.3.3 Шум і вібрація 97
4.3.4 Електробезпека 100
4.4 Пожежна безпека 102
4.5 Засоби індивідуального захисту 105
Висновки 108
ДЖЕРЕЛА 112
Додаток А 117
Додаток Б 118
Додаток В 119
Додаток Г 120
Додаток Д 121
Додаток Є 122
Додаток Ж 123

ВСТУП

Актуальність теми магістерської роботи. Насосні станції систем водопостачання та водовідведення відносяться до числа найбільш ресурсоємних технологічних об'єктів в комунальному господарстві. Основною складовою ресурсоємності насосних станції – є енергоспоживання. Використання недосконалих методів управління насосних станції призводить не тільки до значних енерговитрат, але і до частих перемикань насосних агрегатів і запірної арматури, що несприятливо відображається на їх надійності та терміні експлуатації. Україна відноситься до числа енергодефіцитних країн, тому однією з найбільш актуальних проблем, які стоять перед комунальним господарством країни, є проблема зниження енергоємності водопровідно–каналізаційного господарства. Рішенням цієї проблеми досягаються соціальні і економічні результати, що покращують умови життя людей, підвищують економічний потенціал держави, зменшують екологічні збитки.

Існує три основних засоби рішення цієї проблеми перший, полягає в застосуванні більш досконалого технологічного обладнання, другий полягає у розвитку систем автоматичного управління НС – розробці нових методів оперативного управління режимами роботи НС, які враховують специфіку процесів водопостачання і водовідведення – тобто, їх стохастичний характер. Третій полягає в комбінуванні вказаних засобів.

Дослідженню ефективною роботи насосного обладнання присвячені праці В.І.Турка, В.Я.Карєліна та Е.В.Залуцького.

Об’єктом дослідження – є насосна станція І підйому блоку 1 Дніпровської водопровідної станції – 1 м. Запоріжжя та насосна станція ІІІ-го підйому «Хортицька».

Предмет дослідження – насосне обладнання насосної станції І підйому блоку 1 та насосної станції ІІІ-го підойму.

Метою роботи є аналіз роботи насосного обладнання та вдосконалення його роботи на основі впровадження систем частотного регулювання електроприводів.

Задачі досліджень. Для досягнення вказаної мети було потрібно:

- дослідити структуру енерговитрат у житлово-комунальному господарстві;
- проаналізувати принцип роботи «насосне обладнання – водопровідна мережа»;
- дослідити вплив напівпровідникових перетворювачів частоти обертання вала двигунів на роботи насосів;
- привести розрахунок щодо обраного заходу економії електроенергії насосної станції;
- розробити рекомендації для ефективного та економічного використання насосного обладнання.

Методи дослідження. Збір та аналіз даних наукової літератури, діючих законів, норм України по темі дипломної роботи. Отримання практичних даних у сфері застосування насосних станції з подальшим моделюванням модернізації роботи насосного обладнання за допомогою ефективного використання електроприладів.

Наукова новизна отриманих результатів. Розраховано та обґрунтовано використання напівпровідникових перетворювачів частоти електродвигунів насосів для покращення роботи насоса та економії електроенергії.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені дослідження дозволяють проектним відділам комунальних підприємств на стадії проектування визначити найбільш економічну та злагоджену роботи насосних агрегатів.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на XII Науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, яка проводилась 15-17 квітня 2019 року.

Структура й обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 56 найменувань. Робота викладена на 123 сторінках, містить 10 таблиць, 30 рисунків, 9 додатків.

1 АНАЛІЗ ЗАХОДІВ З ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

1.1 Насосні станції та структура енерговитрат у житлово–комунальному господарстві

Насосні станції – невід'ємна, енергоємна частина технологічного обладнання в промисловості та житлово–комунальному господарстві (ЖКГ). На рисунку 1.1 зображена принципова схема водопостачання, де обов'язково використовується насосне обладнання – НС–I підйому та НС–II підйому [1–2].

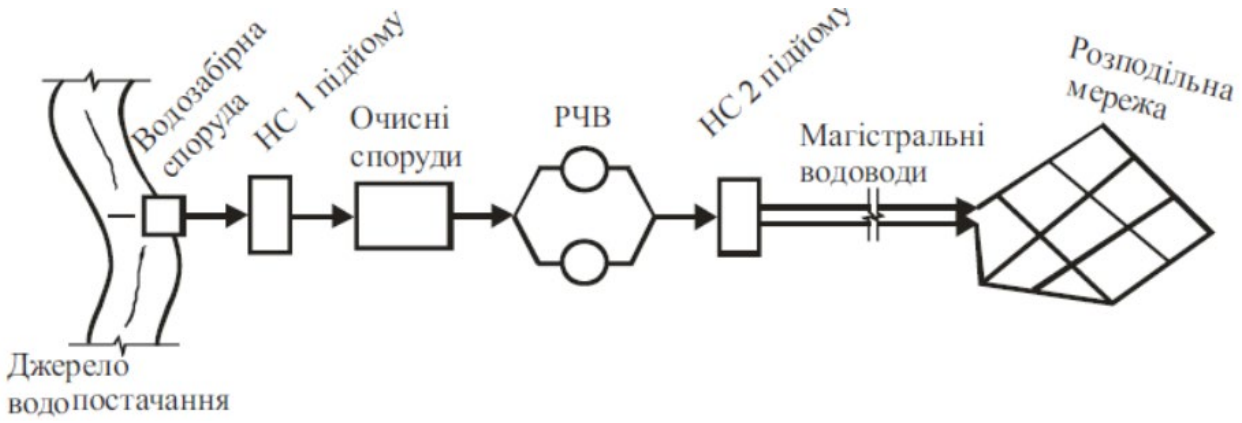


Рисунок 1.1 – Принципова схема водопостачання

На ЖКГ припадає 12,6% (приблизно 11276,5 млн кВт рік), на промисловість – 43,0% (приблизно 38550,9 млн кВт рік) від загального обсягу споживаної електроенергії в Україні за даними Інформації про виробничу діяльність електроенергетичних підприємств ПЕК за 9 місяців 2018–2019 років (станом на 07.10.2019 р.) [3]. При постійному зростанні вартості енергоресурсів питання економії та ефективності обладнання є пріоритетним.

На сьогоднішній момент відсутня достовірна, узгоджена та зрозуміла методика визначення енергетичної ефективності насосних станцій.

Типи насосних станцій, що застосовуються в системі водопостачання та водовідведення:

- насосна станція І–го підйому забирає воду з джерела водопостачання та подає її до очисних споруд. Якщо вода відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10, то подає з джерела прямо в водорозподільну мережу, водонапірні башти та інші споруди водопровідної схеми [4];
- станції ІІ–го підйому використовується для подачі очищеної води споживачу;
- підвищувальні насосні станції (станції підкачки) підвищують напір до необхідного у водопровідній мережі;
- циркуляційні насосні станції встановлюються в ланцюзі оборотного водопостачання для перекачування відпрацьованої в процесі виробничого використання води на охолоджуючі пристрої і очисні споруди з метою подальшого повернення на підприємстві;
- каналізаційні насосні станції підіймають стічні води на очисні споруди, якщо рельєф місцевості не дозволяє подавати їх самопливом [5–8].

Оцінювати ефективність вищеперерахованих насосних станцій систем водопостачання з точки зору економії електроенергії та води, що перекачується, некоректно. Основні завдання, які вирішуються за допомогою насосних станцій – це, перш за все, безперебійне і стійке забезпечення споживачів водою з необхідними гідравлічними параметрами і мінімально можливими витратами. Таким чином, економія електроенергії є супутнім фактором при виконанні основного завдання – безперебійного та сталого постачання водою необхідних гідравлічних параметрів і необхідної якості [9].

Розрахунок енерговитрат на виробництво послуг з питного водопостачання та водовідведення, підвищення ефективності господарської діяльності підприємств водопровідно–каналізаційного господарства затверджений Наказом від № 449 03.09.2012 «Про затвердження Методики розрахунку норм питомих витрат паливно–енергетичних ресурсів на підприємствах водопровідно–каналізаційного господарства» [10].

Норми витрат електричної енергії класифікуються за такими ознаками:

– за ступенем агрегації – на індивідуальні та групові;
– за складом витрат – на технологічні та загальновиробничі;
– за періодом дії – на річні та квартальні (місячні).

Необхідно розробляти норми питомих витрат енергетичних ресурсів для підрозділів підприємства з відповідним комплексом виробничих процесів, які зображені на рис.1.2 та рис.1.3.

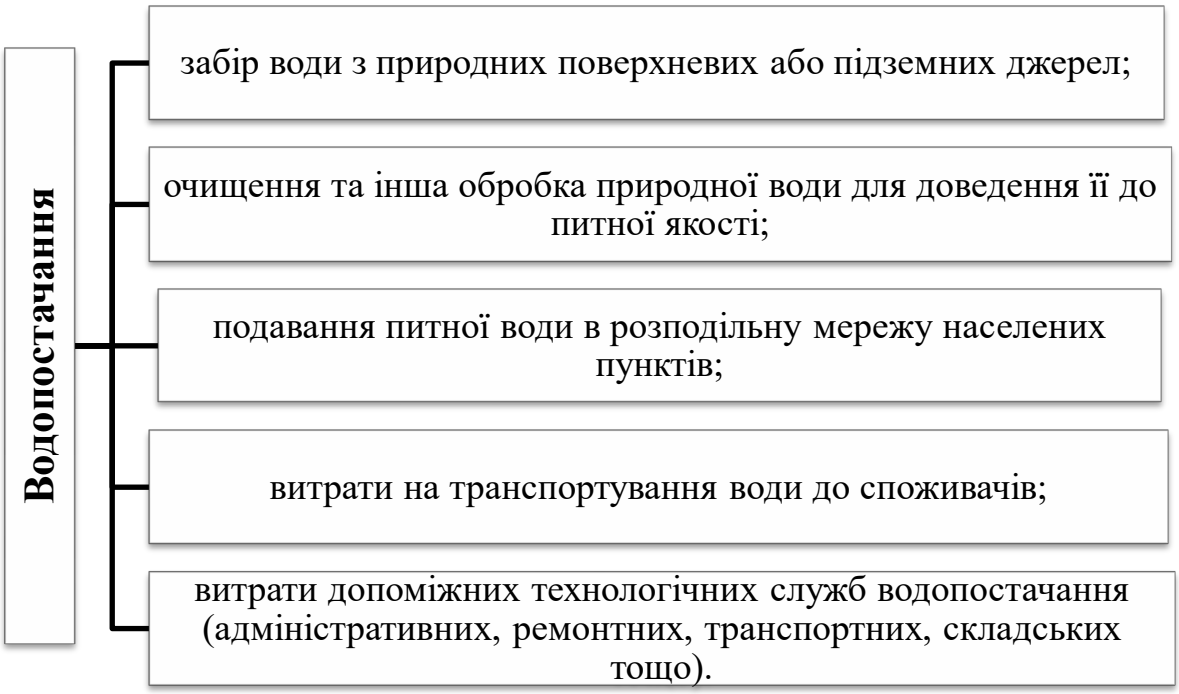


Рисунок 1.2 – Комплекс виробничих процесів системи водопостачання

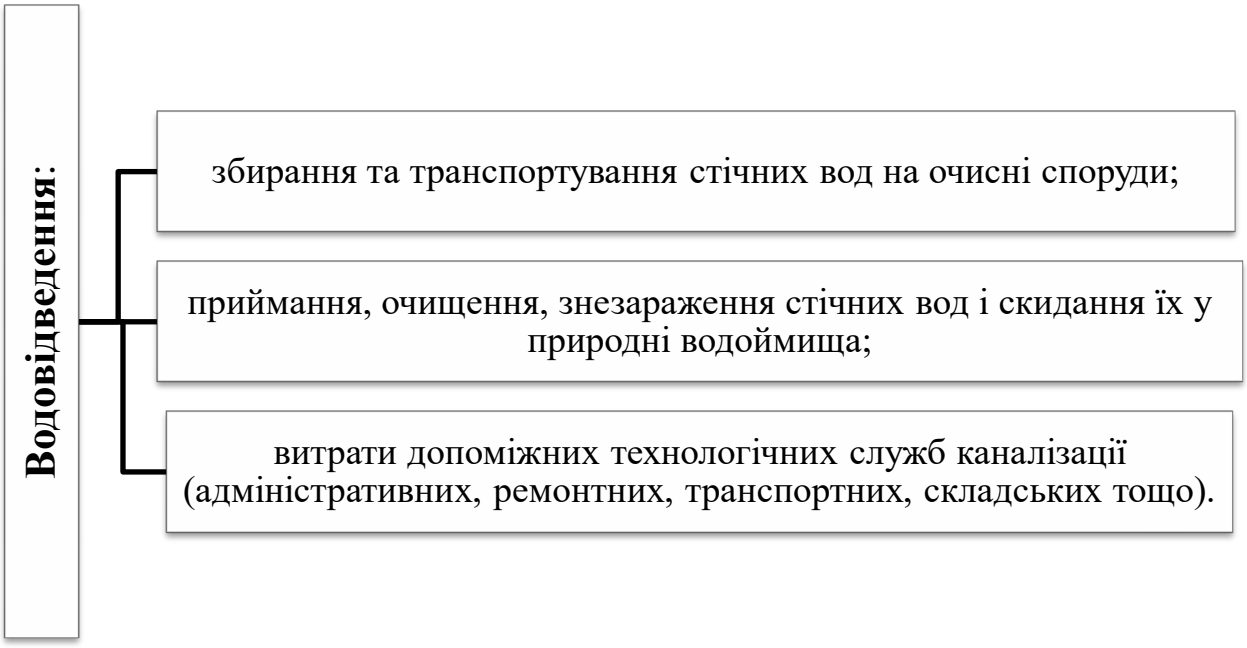


Рисунок 1.3 – Комплекс виробничих процесів системи водовідведення

Коригування встановлених норм питомих витрат допускається при зміні обсягів виробництва, впливу погодних та інших факторів об'єктивного характеру з урахуванням результативного впливу цих факторів на основі міжгалузевих, галузевих та регіональних методик згідно із Загальним положенням про порядок нормування питомих витрат паливно–енергетичних ресурсів у суспільному виробництві [11].

Загальновиробничі норми питомих витрат електричної енергії для підприємств водопровідно–каналізаційного господарства або їх структурних підрозділів визначаються за формулою:

$$P = \frac{\sum W_{\text{осн}} + \sum W_{\text{доп}} + \sum W_{\text{втр}}}{Q_{\text{план}}}, \text{кВт} \cdot \text{год}/1000\text{м}^3 \qquad (1.1)$$

де $\Sigma W_{\text{осн}}$ – загальні (річні) витрати електричної енергії на основні технологічних та виробничих процесів і потреб, кВт/год;

$\Sigma W_{\text{доп}}$ – загальні (річні) витрати електричної енергії на допоміжні технологічні та виробничі процеси і потреби, кВт/год;

$\Sigma W_{\text{втр}}$ – загальні (річні) втрати електричної енергії в розподільних мережах і силових трансформаторах, що знаходяться на балансі підприємств водопровідно–каналізаційного господарства, кВт/год;

$Q_{\text{план}}$ – планова кількість питної води, або кількість пропущених через очисні споруди стічних вод у розрахунковому році, тис. куб.м.

Витрати енергії визначаються споживанням електроенергії в насосних станціях, яке залежить не тільки від насосів, але і від системи подачі води. При зменшенні опору водоводів і мереж знижується необхідний напір насосів і кількість споживаної енергії.

Річні витрати електричної енергії на підйом і подачу питної, технічної або стічної води насосними агрегатами всіх призначень ($W_н$) визначаються за формулою:

$$W_{\text{н}} = \frac{\gamma Q_{\text{пл}} H}{\eta_{\text{н}} \eta_{\text{п}} \cdot 102 \cdot 3600}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (1.2)$$

де $\gamma = 1000 \div 1016$ – питома вага рідини, що перекачується (за даними аналізу) кг/м^3;

$Q_{\text{пл}}$ – запланований на розрахунковий рік об'єм перекачаної рідини, м^3;

H – розрахунковий напір під час роботи насоса, м;

$\eta_{\text{н}}$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) насоса, береться за паспортними даними або за даними про відцентрові насоси для прісної води та каналізаційних стічних вод, що знаходяться в експлуатації;

$\eta_{\text{п}}$ – коефіцієнт корисної дії електродвигуна, береться за паспортними даними;

102 – коефіцієнт перерахунку потужності насосних агрегатів з кг·м/с в кВт.

Коефіцієнт корисної дії насосів ($\eta_{\text{н}}$) визначається за формулою:

$$\eta_{\text{н}} = \eta_{\text{п}} - \eta_{\text{кр}} - \eta_{\text{нап}}, \quad (1.3)$$

де $\eta_{\text{п}}$ – паспортний коефіцієнт корисної дії насоса;

$\eta_{\text{кр}}$ – зниження коефіцієнту корисної дії після проведення більше трьох капітальних ремонтів (по 1,5 % зниження на кожен наступний ремонт);

$\eta_{\text{нап}}$ – зниження коефіцієнту корисної дії унаслідок напрацювання після останнього капітального ремонту, рис.1.4.

Розрахунковий напір під час роботи насосів у системах водопостачання та водовідведення визначається на підставі гідравлічних розрахунків (з урахуванням п'єзометричних позначок елементів системи, навантажень на трубопроводи, їх протяжності та діаметрів, а також фактичних значень гідравлічного опору трубопроводів).

Технічні характеристики насосів вітчизняного виробництва можуть повністю відновлюватися під час проведення перших трьох капітальних ремонтів.

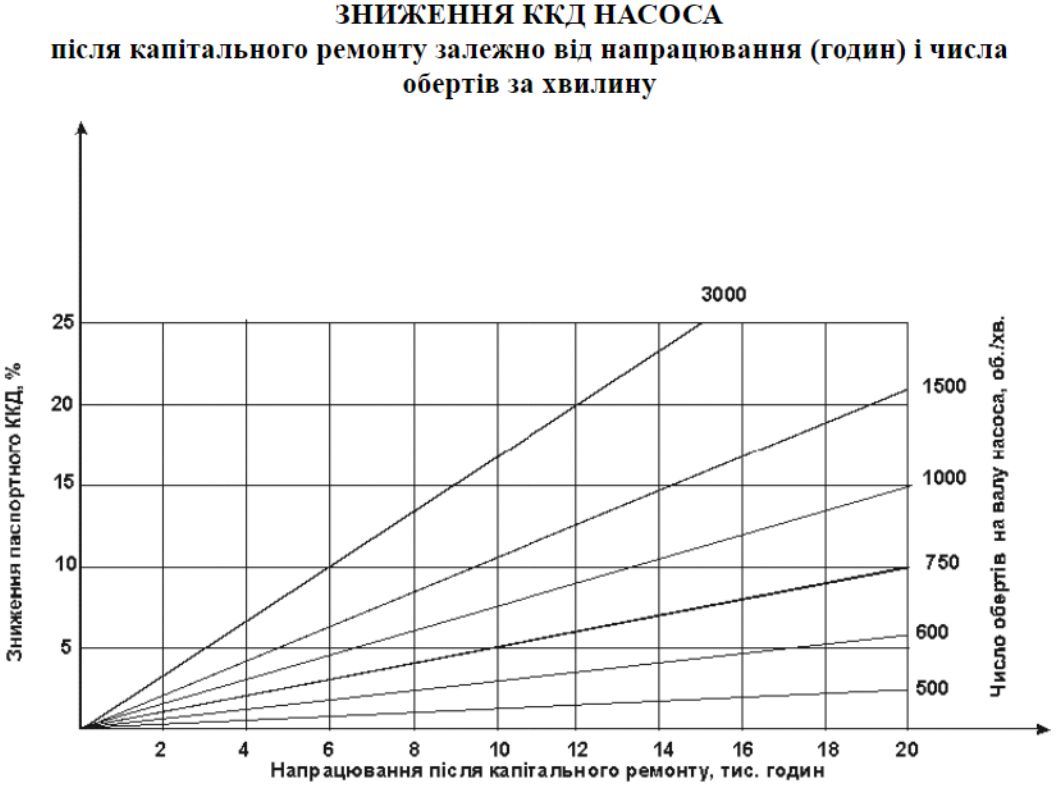


Рисунок 1.4 – графік визначення коефіцієнту корисної дії насоса після капітального ремонту

Після кожного наступного капітального ремонту внаслідок зносу корпусних деталей робочі параметри насосів (у тому числі коефіцієнт корисної дії) знижуються на 1–2% на кожен ремонт (у середньому 1,5%) від паспортних показників.

Забороняється експлуатація насосів, у яких розрахунковий або фактичний коефіцієнт корисної дії знижений більше ніж до:

- 55% – для насосів, що працюють на питній воді;
- 50% – для насосів, що працюють на стічній воді.

Напрацювання за рік береться:

а) для горизонтальних і вертикальних насосів, що працюють на питній воді або технічній воді, – 5000 год/рік; міжремонтний строк – 4 роки;

б) для горизонтальних і вертикальних насосів, що працюють на стічних або дренажних водах, – 4000 год/рік; міжремонтний строк – 3 роки;

в) для занурених і штангових насосів, що працюють у свердловинах на питній воді, – 8000 год/рік; міжремонтний строк – 2 роки.

При експлуатації насосів, що працюють безпосередньо на мережу водопостачання, виникають додаткові витрати електроенергії, не враховані у формулі (1.2), унаслідок їх роботи під час мінімального водоспоживання в режимах, близьких до холостого ходу (W_{xx}). Ці витрати визначаються за формулою:

$$W_{xx} = T_{xx} N_{xx} K_{xx}, \text{кВт} \cdot \text{год}, \quad (1.4)$$

де: T_{xx} – річний орієнтовний строк роботи насосів у період мінімального водоспоживання (у середньому 4 год/добу), год;

N_{xx} – середня загальна встановлена потужність насосного обладнання, що працює за графіком у період мінімального водоспоживання, кВт;

$K_{xx} = 0,5$ – коефіцієнт завантаження насосного обладнання на режимах, близьких до холостого ходу.

При експлуатації насосів водозабірних свердловин (W_c) враховуються додаткові витрати електроенергії на генеральну перевірку (дезінфекцію, промивання, визначення дебіту та динамічного рівня), що визначаються за формулою:

$$W_c = \mathrm{Т_{гп}} N_{\mathrm{гп}} \mathrm{К_{гп}}, \text{кВт} \cdot \text{год}, \quad (1.5)$$

де: $T_{гп} = 72$ год – середній річний строк роботи свердловини для технологічних потреб;

$N_{гп}$ – загальна встановлена потужність насосного обладнання свердловин, що працюють (за паспортом підприємства), кВт;

$K_{гп} = 0,8$ – коефіцієнт завантаження насоса свердловини при перевірці.

1.2 Насосний агрегат як енергоємна частина насосної станції

Для забезпечення основних завдань насосних станцій без зайвих втрат електроенергії у системах водопостачання та водовідведення населених місць застосовуються наступні методи:

1) заміна застарілого обладнання на сучасне з більш високим класом енергоефективності.

   Заміна насосів зазвичай вимагає значних капіталовкладень, тому тут потрібно техніко–економічне обґрунтування. Рекомендується проводити заміну насосів в тих випадках, коли вартість втрат електроенергії за 3 роки вище різниці вартості нового і встановленого обладнання [12-15].
2) установка точних регулюючих і контролюючих приладів, які автоматично підлаштовують роботу обладнання під вимоги системи, в якій воно працює;
3) регулювання роботи насосних агрегатів.

Насосні агрегати – сукупність насоса чи кількох насосів з приводним двигуном. Для приводу насосів можна застосовувати двигуни електричні, внутрішнього згоряння, парові, вітрові і т.д. Найбільше розповсюдження отримали електродвигуни. Двигунами внутрішнього згоряння, а в окремих випадках вітровими, оснащують малі пересувні, знімні насосні станції та установки [16].

Широке застосування електропривода в насосних станціях і установках пояснюється його перевагами перед іншими типами приводів:

- значно скорочується обсяг будівельних робіт;
- простіші фундаменти та пристрої для передачі енергії від двигуна до насоса (вали двигуна та насоса можна з'єднати через муфту);

- легше автоматизувати пуск і зупинку двигуна;
- значно менші експлуатаційні витрати;
- кращі умови праці при експлуатації, чистіше приміщення;
- в кілька разів менше маса двигунів на одиницю розвивається ними потужності.

В насосних станціях зазвичай використовують трифазні асинхронні та синхронні електродвигуни змінного струму [17–19].

Асинхронні електродвигуни. Виконують як з короткозамкненим, так і з фазним ротором. У електродвигунів з короткозамкненим ротором порівнянні з електродвигунами з фазним ротором простіше конструкція, менше маса, габаритні розміри і вартість. Їх можна підключати безпосередньо до мережі за допомогою простого рубильника або дистанційною системою управління з магнітними вмикачем. Однак слід мати на увазі, що при прямому підключенні такого електродвигуна до мережі пускова сила струму в порівнянні з номінальною зростає в кілька разів (в 5–7 разів), і це може несприятливо відбитися на роботі інших споживачів електроенергії, приєднаних до тієї ж розподільчої мережі. Виконання електродвигунів з короткозамкненим ротором може бути горизонтальним і вертикальним [18].

Електродвигуни з фазним ротором мають пусковий реостат, з'єднаний з обмотками ротора. Пусковий реостат підключений до ланцюга ротора тільки в період пуску електродвигуна.

Після досягнення електродвигуном частоти обертання, близької до номінальної, він автоматично відключається, а електродвигун продовжує працювати вже в режимі з короткозамкненим ротором. Пускові струми для електродвигунів з фазним ротором в порівнянні з електродвигунами з короткозамкненим ротором знижуються в кілька разів. Однак такі електродвигуни все ж отримали менше поширення в насосних станціях, ніж електродвигуни з короткозамкненим ротором, через більш складну конструкцію, меншу надійність в експлуатації та більш високу вартість.

Частоти обертання магнітного поля в статорах асинхронних електродвигунів більше частот обертання їх валів. Ці електродвигуни працюють зі «ковзанням» вала щодо магнітного поля статора. Чим більше навантаження на електродвигун (більше споживана потужність), тим більший ступінь ковзання має його вал щодо магнітного поля статора.

Синхронні електродвигуни. Найчастіше застосовують для приводу насосів, що мають потужність понад 200 кВт і працюють протягом тривалого періоду без зупинки. На відміну асинхронних у таких електродвигунів вал обертається з постійною частотою, незалежною від споживаної потужності та збігається з частотою обертання магнітного поля статора. На частоту обертання магнітного поля статора впливають число пар полюсів та стандартна частота струму [19].

Конструкція синхронних електродвигунів складніше конструкції асинхронних. Магнітний потік в них створює спеціальний збудник, який представляє собою невеликий генератор постійного струму. Для виведення електродвигуна на режим роботи ротор необхідно розкрутити так, щоб частота його обертання була близька до частоті обертання магнітного стартеру. Тому ротор більшості синхронних електродвигунів має пускову короткозамкненим обмотку, аналогічну обмотці ротора асинхронних.

Синхронні електродвигуни зі складною конструкцією та пусковою автоматикою, великою вартістю отримали широке застосування на практиці завдяки наступним перевагам:

- можуть працювати з коефіцієнтом потужності (cos φ), який дорівнює 1, що підвищує коефіцієнт потужності мережі та відповідно сприяє економії електроенергії;
- коефіцієнти їх потужності не залежать від номінальної частоти обертання ротору;
- при коливанні напруги в мережі працюють більш стійко.

Отже, при споживаної потужності насоса до 200 кВт рекомендується використовувати низьковольтні (напруга в мережі до 1000 В) синхронні

електродвигуни, при споживаної потужності понад 200 кВт, необхідності частих пусків і зупинок насоса – високовольтні (напруга в мережі більше 1000 В) асинхронні, при споживаної потужності більш 200 кВт і необхідності рідкісних пусків та зупинок – високовольтні синхронні електродвигуни.

1.3 Режим роботи «насос–мережа»

Система водопостачання повинна забезпечувати подачу води з мінімально можливими енергетичними витратами на одиницю поданого об'єму води, не допускаючи перевантаження окремих агрегатів, роботи їх в зоні низьких коефіцієнтів корисної дії, в зонах помпажу і кавітації.

Процес регулювання ускладнюється невідповідністю характеристик відцентрових насосів і трубопроводів. Головною причиною неекономічної роботи насосних станцій є невідповідність робочих параметрів насосного обладнання режиму роботи системи. При визначених умовах можуть виникати навіть режими роботи, що є небезпечними для насосів та трубопроводів.

У системах, що складаються з відцентрових або осьових машин і трубопроводів, виникнення помпажу обумовлено рядом причин:

- зривами потоку з лопатей – при дросельному регулюванні до малих витрат;
- різкою зміною частоти обертання валу насоса при зміні частоти і електричної мережі;
- швидкою зміною витрат з боку споживачів і т.д.

Такі явища виводять систему з рівноваги і в деяких випадках можуть привести до нестійкої роботи системи, вираженою в самовільних коливаннях подачі, тиску і потужності. Помпажний режим роботи насоса неприпустимий – відбувається перевитрата електроенергії, а також зменшується термін експлуатації насосного обладнання.

Кавітація у відцентрових насосах супроводжується порушенням нерозривності потоку в насосі і відображається на його нормальних характеристиках. Наслідки кавітації в насосах безпосередньо впливають на характеристики насоса. Початкова стадія кавітації, обмежена невеликою областю (місцева кавітація), не відображається помітно на подачі та напору насоса та проявляється характерним потріскуванням в області всмоктування, обумовленим гідравлічними ударами. Місцева кавітація в насосах може супроводжуватися руйнуванням матеріалу колеса або корпусу насоса. Кавітація розвиненіша призводить до зменшення подачі, напору і коефіцієнту корисної дії насоса, а потім і до повного зриву його роботи [17].

Робочі параметри роботи насоса визначають по сумісному графіку характеристики насоса та характеристик водопроводів (рис.1.5). Спільною точкою A являється точка перетину кривих $Q–H$ та $Q–H_{тр}$. Точкою A називається точка роботи насоса, а величини, які відповідають цій точці показують, яку витрату Q_a, напір H_a, потужність N_a, ККД η_a та допустиму висоту всмоктування $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}{}_{\text{а}}$ розвине при цьому насос [15].

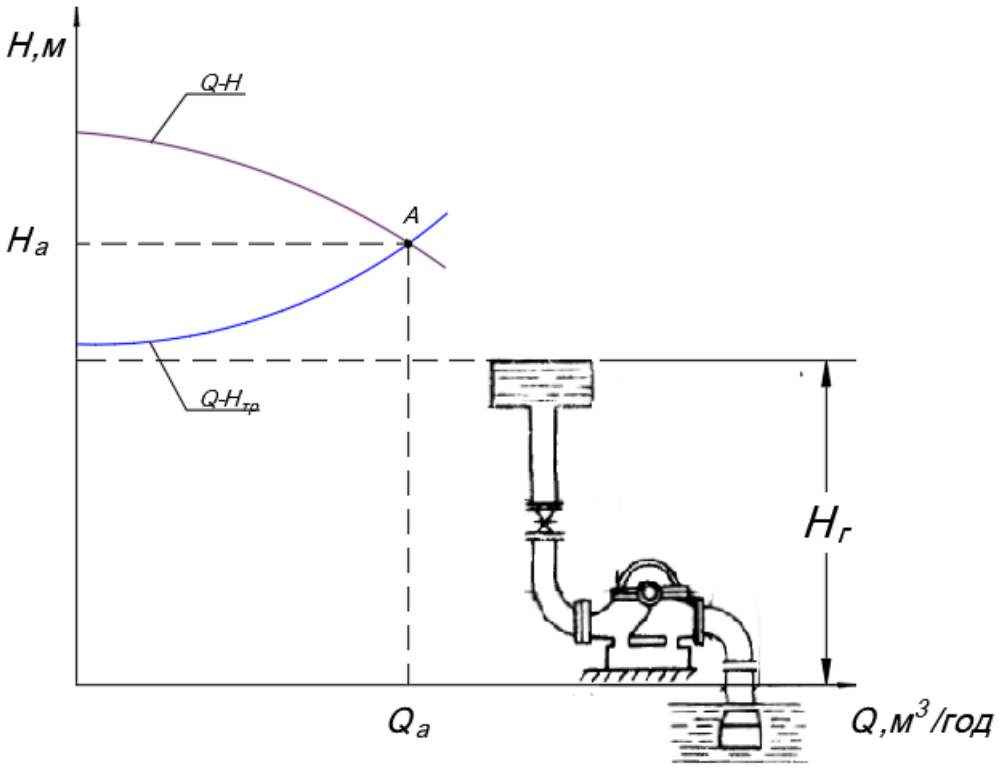


Рисунок 1.5 – Спільна характеристика насосу та мережі

Точка *А* являється крайньою точкою, яка визначає граничну подачу насоса, який працює в заданій системі при повному відкритті засувки та постійній кількості обертів робочого колеса.

Отже, правильно підібране насосне обладнання це гарант економії енергоспоживання та злагодженої роботи водопровідної мережі.

1.4 Дросельне регулювання роботи «насос – мережа»

Дросельне регулювання роботи «насос – мережа» засувкою являється одним із поширених методів зміни характеристики мережі.

Для регулювання характеристиками мережі на напірній лінії насоса встановлюється засувка (рис. 1.6). Встановлення допоміжного обладнання не потребується, що являється основною перевагою даного методу.

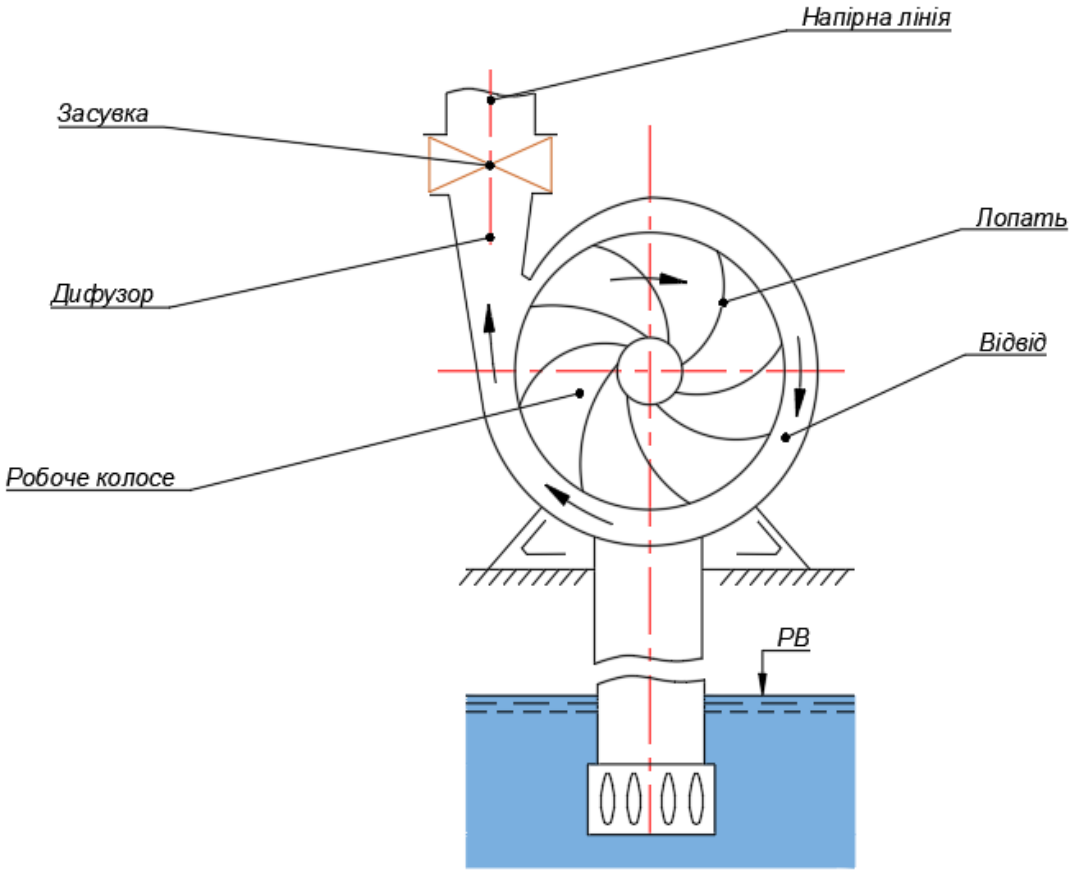


Рисунок 1.6 – Схема насосу з вмонтованою засувкою для регулювання характеристик мережі

Дросельне регулювання полягає в тому, що вводиться додатковий опір до напірного трубопроводу системи, завдяки чому характеристика $Q–H`_{тр}$ підіймається більш круто (рис.1.7) та перетинає характеристику насосу в режимній точці 2, яка відповідає заданій витраті Q_3. При цьому напір у мережі дорівнює H_3, але насос розвиває напір більший, H_2. Отже, енергія $N=Q_3p$, де $p= H_2 – H_3$ втрачається внаслідок збільшення місцевого опору в засувці.

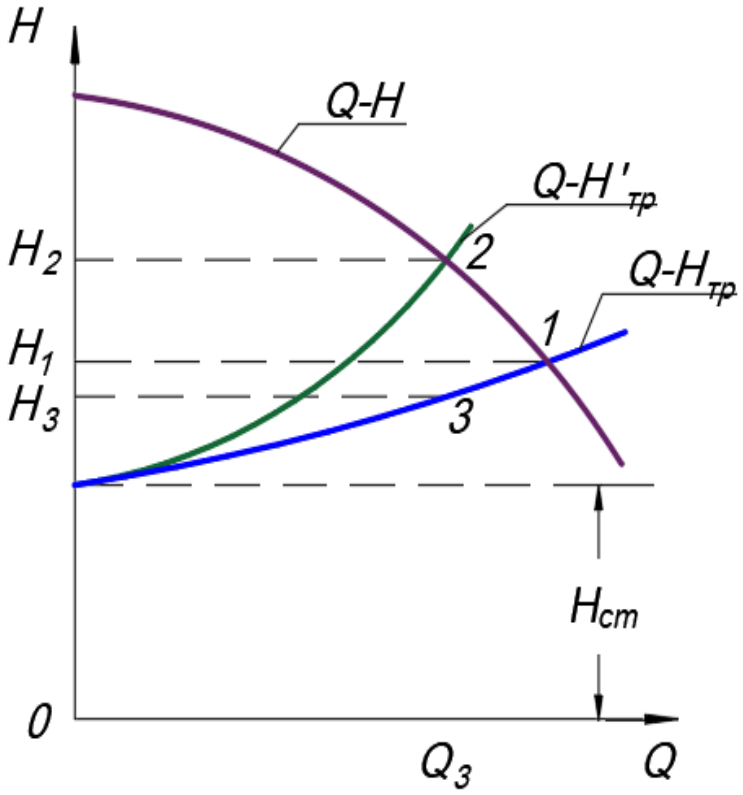


Рисунок 1.7 – Графічна характеристика системи «насос – мережа» при регулюванні роботи дроселюванням

Корисна потужність насосу визначається за формулою [17–18]:

$$N_n=Qp, \tag{1.6}$$

де Q – необхідна подача води, м^3/с,

p – тиск насосу.

Потужність, яка затрачується визначається за формулою:

$$N = N_n/\eta, \quad (1.7)$$

де η – коефіцієнт корисної дії насосу.

Із формули 1.7 отримуємо, що

$$\eta = N_{n/} N \quad (1.8)$$

По формулі 1.6 корисна потужність насоса для забезпечення роботи системи в точці 3 складає:

$$N_3 = Q_3 p_3$$

Потужність насосною установки при дроселюванні до необхідної витрати визнається за формулою 1.7:

$$N = Q_3 p_3/\eta_2$$

Отже, коефіцієнт корисної дії насосної установки за формулою 1.8:

$$\eta = \frac{N_3}{N} = \frac{p_3}{p_2}\eta_2$$

З отриманого рівняння бачимо, що коефіцієнт корисної дії насосної установки зменшується зі збільшенням різниці між напором, який розвиває насос, та напором, який потребується в мережі.

Отже, метод дроселювання дуже не економічний за рахунок нераціонального використання насосного обладнання. Він дає можливість регулювати тільки в одну сторону – в сторону зменшення подачі води в мережі. Даний метод можна рекомендувати тільки для застосування на невеликих насосних агрегатах, які мають плавку характеристику, де регулювання необхідне лише протягом короткого часу.

1.5 Облицювання (обрізка) робочих коліс насосів

Обрізка робочого колеса насоса доцільна в тих випадках, коли більшу частину часу насос створює надлишковий напір. Обточці не підлягають осьові насосі [18]. Необхідний діаметр колеса розраховують за формулою:

$$D_1 = D_{ном}\sqrt{H_1/H_{ном}} \tag{1.9}$$

де D_1 і $D_{ном}$ – необхідний і паспортний (номінальний) діаметри робочого колеса, м;

H_1 *і* $H_{ном}$ – відповідні напори насосів,м.

Допустима обрізка коліс (таблиця 1.1) обмежується в залежності від коефіцієнта швидкохідності насоса [17–19]:

$$n_s = 3{,}65\ \frac{n\sqrt{Q}}{H^{0.75}} \tag{1.10}$$

де n – число оборотів, об/хв;

Q – подача, м^3/с;

H – напір, м;

для насосів двостороннього входу замість Q треба приймати $Q/2$.

Таблиця 1.1 – Допустимий ступінь обрізки робочих коліс

Діапазон n_s	Ступінь обрізки колеса, %
60 – 120	20–15
120 – 200	15–11
200 – 300	11–7

Коефіцієнт корисної дії насоса при обрізанні колеса зменшується відповідно до формули Муді:

$$\eta_{ср=} 1 - (1 - \eta)\left(\frac{D}{D_{ср}}\right)^{0,25} \quad (1.11)$$

де $\eta_{ср}$ *і* η – коефіцієнт корисної дії насоса при обрізаному ($D_{ср}$) та номінальному (D) діаметра коліс.

Однак зменшення коефіцієнту корисної дії дуже невелике – приблизно 1% на кожні 10% зрізання колеса при n_s = 60 – 200 та 1% на кожні 4% при n_s = 200 – 300.

Якщо на насосній станції встановлено кілька однотипних насосів, то обрізку слід проводити не на всіх насосах, а на 1 – 2. Це дозволяє регулювати натиск насосів, варіюючи склад працюючих насосів.

При облицюванні робочого колеса відбувається зниження коефіцієнт корисної дії на кожні десять відсотків обточування: 1–1,5; 1,5–2, 2–2,5 відсотків в залежності від коефіцієнта швидкохідності колеса.

Насос вигідно експлуатувати тільки в області високих коефіцієнтів корисної дії, отже цей спосіб економічно не вигідний та потребує певних витрат при його реалізації.

1.6 Байпасування та метод впускання повітря

Метод байпасування полягає в перепуску частини рідини, яка подається насосом, з напірного патрубка у всмоктувальний трубопровід по обвідної лінії, на якій встановлена засувка для регулювання роботи установки (рис.1.8) [20].

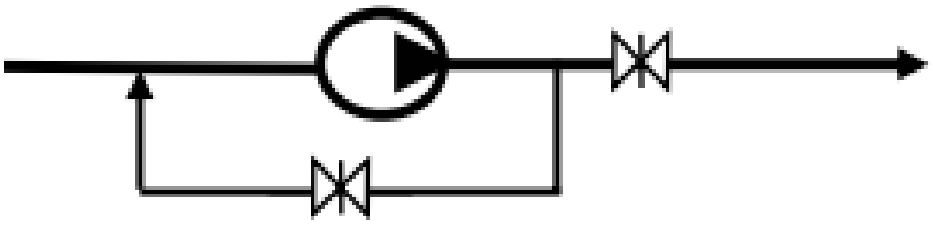


Рисунок 1.8 – Схема регулювання насосів байпасуванням

Метод застосовують в осьових насосах, у яких потужність зі збільшенням подачі убуває. Перепуск рідини у всмоктувальний трубопровід покращує кавітаційні характеристики насосів, проте тут ускладнюється схема насосної установки завдяки допоміжного обладнання. Також знижується коефіцієнт корисної дії насосної установки через витрати енергії на перекачування води по байпасу [17]. Тому цей метод практично не застосовується на насосних станціях підприємств водопровідно–комунального господарства.

Впуск повітря у всмоктувальний трубопровід – більш економічний метод, ніж дроселювання, проте глибина регулювання тут обмежена через можливі різкі погіршення кавітаційних характеристик насоса. Крім того, в системах водопостачання не можна подавати в мережу воду з великою кількістю повітря [4,17].

1.7 Регулювання поворотом лопатей насосу

Цей метод застосовується в середніх і великих поворотнолопастних осьових та діагональних насосах (наприклад, насоси типу ОП [21–22]).

Кут установки лопаті можна змінювати як при роботі насоса, так і при його зупинці. Зміною кута установки можна змінювати подачу в широкому діапазоні. Чим більше статична складова системи, тим ефективніше цей метод регулювання [23].

Змінюючи кут установки лопатей, ми змінюємо характеристики насоса, а значить міняємо розташування робочої точки.

Коефіцієнт корисної дії насосу при повороті лопатей змінюється незначно, тому цей спосіб регулювання значно більш економічний за регулювання дроселюванням.

Осьові насоси застосовують на станціях першого підйому систем водопостачання та в каналізаційних насосних станціях, а також на теплових електростанціях (в якості циркуляційних), в шлюзових установках в іригації.

1.8 Регулювання зміною частоти обертання робочого колеса насоса

Зміна частоти обертання робочого колеса насоса – прогресивний та найбільш економічний метод регулювання, що дозволяє повністю виключити обточування робочих коліс.

Відповідно до теорії подібності відцентрових насосів параметри їх роботи при зміни частоти обертання валу пов'язані співвідношеннями:

$$q_1 / q_2 = n_1 / n_2, \quad (1.12)$$

$$H_1 / H_2 = (n_1 / n_2)^2, \quad (1.13)$$

$$N_1 / N_2 = (n_1 / n_2)^3, \quad (1.14)$$

де $q_{1,2}$ – подача, м^3/с;

$n_{1,2}$ – частота обертання, об/хв;

$H_{1,2}$ – напір, м;

$N_{1,2}$ – потужність, споживана електродвигуном, кВт.

Закон пропорційності дозволяє по одній характеристиці *Q–H* побудувати ряд характеристик насоса в широкому діапазоні частоти обертання.

Проаналізуємо формули 1.12 та 1.13:

$$\begin{cases} \dfrac{q}{q_1} = \dfrac{n}{n_1} \\ \dfrac{H}{H_1} = \left(\dfrac{n}{n_1}\right)^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \left(\dfrac{n}{q_1}\right)^2 = \left(\dfrac{n}{n_1}\right)^2 \\ \dfrac{n}{H_1} = \left(\dfrac{n}{n_1}\right)^2 \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{q}{q_1}\right)^2 = \frac{H}{H_1},$$

Отримуємо рівняння параболи подібних режимів відцентрових насосів:

$$H = \frac{H_1}{{q_1}^2} q^2 = const q^2 = K_1 q^2 , \quad (1.15)$$

де K_1 – коефіцієнт, який характеризує криву пропорційності.

Для однієї параболи подібних режимів коефіцієнт пропорційності постійний.

Маючи характеристику насосу *Q–H* для частоти обертання *n* та користуючись формулами закону пропорційності (формули 1.12, 1.13)

побудуємо нову характеристику насосу Q_1–H_1 для іншої частоти обертання n_1 (рисунок 1.9) [17].

Для цього треба задатися на відомій кривій Q–H точкою 1 з параметрами Q та H при частоті обертання n та , підставивши їх в рівняння 1.12 та 1.13, найти Q_1 та H_1 для точки 1' із заданою частотою обертання n_1.

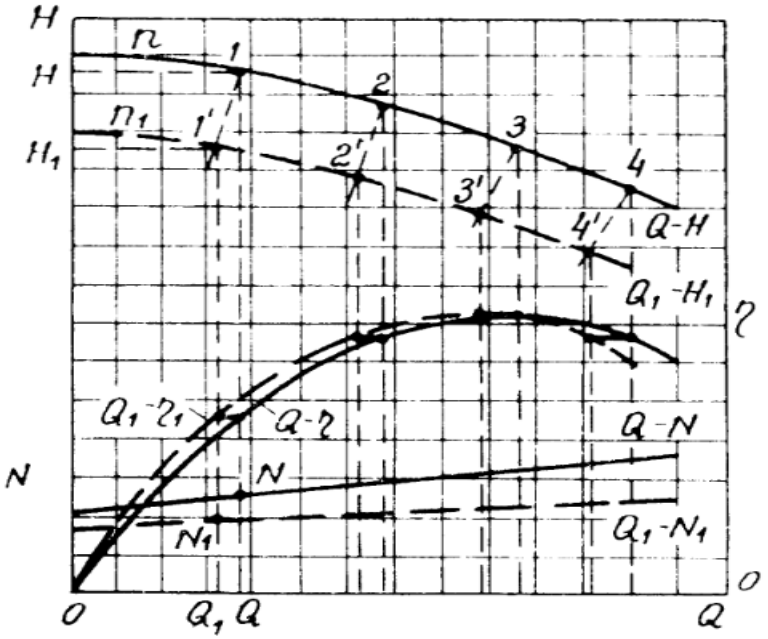


Рисунок 1.9 – Графічне побудування при перерахунку характеристик насоса з одної частоти обертання на іншу

Також знаходяться параметри точок 2' , 3' та ін. З'єднав ці точки, отримаємо Q_1–H_1, нову характеристику насоса для частоти обертання n_1.

При побудові кривої коефіцієнту корисної дії Q_1–η_1 користуються тим, що коефіцієнт корисної дії насоса при зміні частоти обертання робочого колеса насоса у досить широких діапазонах залишається практично постійним. Даному коефіцієнту корисної дії, який відповідає точкам 1, 2, 3, 4 і т.д. на кривій Q–H, переносять без змін відповідно точкам 1', 2', 3', 4' і т.д. Криву потужності Q–N перераховують по формулі 1.14 закону пропорційності.

Регулювання режиму роботи насоса зміною частоти обертання робочого колосе зберігає матеріальний та енергетичний баланс системи.

Зміна частоти обертання насоса може бути реалізовано наступними способами:

1. Використанням двигунів із змінною частотою обертання:
   - електродвигуни постійного струму;
   - електродвигуни змінного струму з перемиканнями обмотки на різне число пар полюсів;
   - колекторні електродвигуни;
   - парові і газові турбіни;
   - двигун внутрішнього згорання.
2. Застосуванням гідромуфти або електромагнітної муфти ковзання.
3. Зміною частоти струму.

В насосних станціях підприємств водопровідно–комунального господарства найбільше застосування отримали короткозамкнені асинхронні двигуни змінного струму, що не допускають зміни частоти обертання.

Гідромуфти конструктивно складні, вимагають збільшення габаритів насосної станції та є джерелами втрат енергії, що зростають зі збільшенням глибини регулювання.

Електромагнітні муфти ковзання один час вважалися досить перспективними [24]. Однак, останнім часом найбільшого поширення набули частотні перетворювачі струму для регулювання роботи насосів.

Використання частотного перетворювача, разом з технічною можливістю плавного регулювання частоти обертання двигуна, дає ряд важливих позитивних ефектів:

- енергозбереження;
- зниження аварійності в системах;
- ліквідують пагубний вплив пускових токів;

- збільшення в 3–10 разів електричного і механічного ресурсу насосів, електродвигунів, апаратури, обладнання;
- збільшення надійності системи, за рахунок усунення людського фактора;
- підтримання точного тиску і витрати, при цьому знижуючи витоки в системі і енергоспоживання;
- може виступати як гідна альтернатива водонапірним баштам.

За даними фірми «Wilo Se», що є одним із лідерів на світовому ринку насосів, в практиці західноєвропейських країн сьогодні безумовна перевага віддається принципу управління числом обертів двигуна насоса в порівнянні з дросельним або рециркуляційними рішеннями [25]. Висока ефективність і простота застосування цього принципу привели до його швидкого успіху.

Необхідно зауважити, що зменшення числа обертів насосу допускається до 40% від номінального, оскільки при дуже малому числі обертів двигун може недостатньо охолоджуватися. Напір при цьому знижується приблизно на 80%.

Серйозним недоліком систем частотного регулювання є їх порівняно висока вартість. Орієнтовна ціна перетворювачів потужністю від 160 до 450 кВт – 84 – 95 доларів США за 1 кВт потужності. Можливе використання одного перетворювача частоти для декількох насосів. У цьому випадку потрібна додаткова станція групового управління вартістю від 400 до 900 доларів США. Відносно високі витрати на придбання насосів з електронним управлінням, як стверджують фірми виробники, окупаються, як правило, дуже швидко [26].

1.9 Комбінований спосіб регулювання зміною частоти обертання робочого колеса та дроселюванням

Для регулювання подачі насоса запропоновано комбінований спосіб, що поєднує зміну частоти обертання робочого колеса насоса з дроселюванням. На рис. 1.10 зображені характеристики насоса 1 та мережі 3.

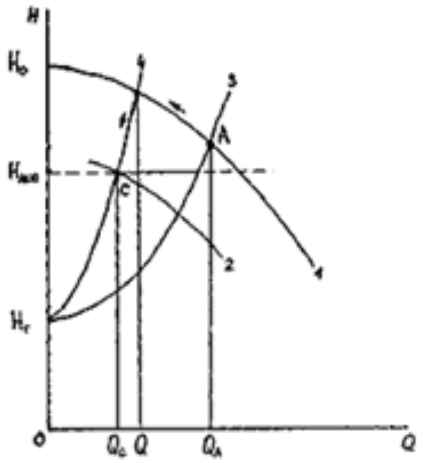


Рис. 1.10 — Характеристики насоса та мережі при регулюванні зміною частоти обертання робочого колеса і дроселювання.

Подача насоса, обумовлена їх перетином, дорівнює Q_a. Нехай потрібно змінити подачу насоса до величини Q_c і при цьому напір повинен бути мінімально допустимим і в процесі регулювання не знижуватися менше $H_{доп}$. Для цього спочатку здійснюють дроселювання трубопроводу до витрати, що визначається співвідношенням:

$$Q = Q_c \cdot [(H_0 - H_Г) / (H_{доп} - H_Г + k \cdot Q_c^2)]^{½} \qquad (1.16)$$

(характеристика мережі визначається кривою 4), а потім зменшують частоту обертання робочого колеса до значення:

$$n = n_0 \cdot [(H_{доп} \cdot k \cdot Q_c^2) / H_0] \qquad (1.17)$$

де n_o - вихідна частота обертання насоса.

При цьому робоча точка переходить в точку С, а характеристика насоса визначається кривою 2.

1.10 Висновки

При постійному зростанні вартості енергоресурсів питання економії та ефективності обладнання є пріоритетним. Основними споживачами енергетичних ресурсів у водопровідно–комунальному господарстві є насосні агрегати, так як забезпечують подачу та транспортування необхідної кількості води під необхідним напором відповідно до чинних норм і правил.

Водоспоживання в системах централізованого водопостачання є нестаціонарним випадковим процесом, що вимагає застосування різних способів регулювання для забезпечення необхідних режимів роботи насосних агрегатів.

Основними напрямками вдосконалення є все більше застосування сучасних видів насосного обладнання, а також ефективних систем регулювання. Сучасні автоматизовані системи управління дозволяють істотно розширити можливості з регулювання робочих параметрів і характеристик насосних агрегатів.

У системах водопостачання одним з найбільш поширених способів оптимізації роботи обладнання є застосування перетворювачів частоти для електродвигунів насосів. Саме за допомогою перетворювачів зменшують енергоспоживання в моменти знижених витрат води і запобігають надлишковому тиску в системі, що є причиною виникнення аварійних ситуацій, підтримують постійні значення тиску.

Застосування перетворювачів частоти струму для приводних електродвигунів насосних агрегатів дозволяє в широких межах змінювати їх частоту обертання, чим забезпечується регулювання режимів роботи систем «водопровідна мережа – насосне обладнання»:

- підвищують коефіцієнт корисної дії насосних агрегатів,
- ліквідують пагубний вплив пускових токів;
- підвищують енергоефективність системи;
- зменшують витрату електроенергії.
- зниження аварійності в системах;
- збільшення в 3–10 разів електричного і механічного ресурсу насосів, електродвигунів, апаратури, обладнання;
- збільшення надійності системи, за рахунок усунення людського фактора;
- підтримання точного тиску і витрати, при цьому знижуючи витоку в системі і енергоспоживання

У зв'язку з цим з'являються нові технічні можливості і технологічні рішення щодо зниження нерівномірності режимів роботи насосних агрегатів у водопровідно–комунальному господарстві з підвищенням їх енергетичної ефективності.

Зниження ресурсо– і енергоємності є однією з основних проблем для водопровідно– каналізаційного господарства.

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Характеристика об'єкту ДВС–1

Дніпровська водопровідна станція №1 (ДВС–1) знаходиться в м. Запоріжжя, вул. Вузлова 23. Побудована та ведена в експлуатацію в 1937 році. Призначення даної станції – переробка та подача питної води на лівобережну частину м. Запоріжжя. За добу ДВС–1 подає на місто близько 230 тис. м³ води, готує воду питної якості та транспортує її споживачам міста Запоріжжя.

До складу об'єкту ДВС–1 входять споруди які приймають безпосередню участь у підготовці та транспортуванню питної води, а також допоміжні споруди з технічного обслуговування самого об'єкту.

Для моніторингу та обліку витрат електроенергії, піднятої та поданої води ДВС–1 обладнана комп'ютерними системами «Автоматична система технічного обліку електроенергії» (АСТОЕ) та «Автоматична система технічного обліку води» (АСТОВ).

На ДВС–1 для отримання питної води застосовуються традиційні методи очищення: хлорування, коагулювання, відстоювання, фільтрування. Для знезараження води та забезпечення необхідної концентрації хлору перед подачею в розподільчу водопровідну мережу міста на станціях водопідготовки проводиться хлорування води. Якість води в джерелі по ланкам очистки та питної води цілодобово контролюються лабораторіями ДВС–1.

Споруди ДВС–1 складаються з блоків №1 та №2, кожен з яких включає: насосну станцію 1–го підйому (забір води з річки), споруди для очищення води, насосну станцію 2–го підйому (подача води в місто) (див. Додаток А) [27].

Забір води з р. Дніпро здійснюється з горизонтів 6 – 36 м. Вода надходить в приймальні колодязі двох насосних станцій першого підйому блоку №1 і блоку №2.

Для забезпечення процесу знезараження та очищення води на ДВС–1 застосовуються хлорування з амонізацією на первинному етапі (перед надходженням води на очисні споруди) та хлорування малими дозами для коригування необхідної концентрації хлору (на заключному етапі її очищення) на вторинному етапі.

На очисних спорудах блоку №1 коагулянт вводяться в камери реакції відстійників, де відбувається перемішування розчину коагулянту з водою, його гідроліз і утворення нерозчинного у воді осаду у вигляді пластівців з розвиненою поверхнею. Після камер реакції вода надходить у відстійники, в яких здійснюються процеси освітлення та відстоювання води. Після осадження осаду і освітлення води вода прямує на завершальну стадію очищення – фільтрування на фільтрах через шар кварцового піску і подрібненого антрациту. Після фільтрації та знезараження вода надходить в резервуари чистої води.

На блоці №2 вихідна вода після насосної станції 1–го підйому надходить на мікрофільтри для затримання суспензій, зоо– і фітопланктону. Коагулянт вводиться в змішувачі після мікрофільтрів, потім вода в контактних освітлювачах піддається контактній коагуляції і одночасній фільтрації. Фільтруючий шар в контактних освітлювачах – кварцовий пісок. Після фільтрації та знезараження вода надходить в резервуар чистої води. З резервуарів вода насосними станціями 2–го підйому подається в розподільну мережу.

Спільними спорудами для обох блоків є хлораторна та амонізаторна. В хлораторній рідкий хлор перетворюється в газоподібний хлор, змішується з водою, утворюючи концентровану хлорну воду, яка і подається далі в оброблювану воду. В амонізаторній з порошкоподібного сульфату амонію

готуються основний і робочий розчини. Робочий розчин дозується в оброблювану воду перед введенням хлору [28].

Після усіх етапів очистки очищена вода насосними станціями другого підйому подається водопроводами до водокористувачів.

2.2 Насосна станція I підйому 1 блока

Насосна станція I підйому блока 1 здійснює підйом води з річки Дніпро до відстійників очисних споруд попереднього очищення, звідки потім вона надходить на швидкі фільтри № 1–4 (див. Додаток Б). Об’єм поданої води насосною станцією за останні роки наведено на рис.2.1 за даними наданими КП «Водоканал» (див. Додаток В).

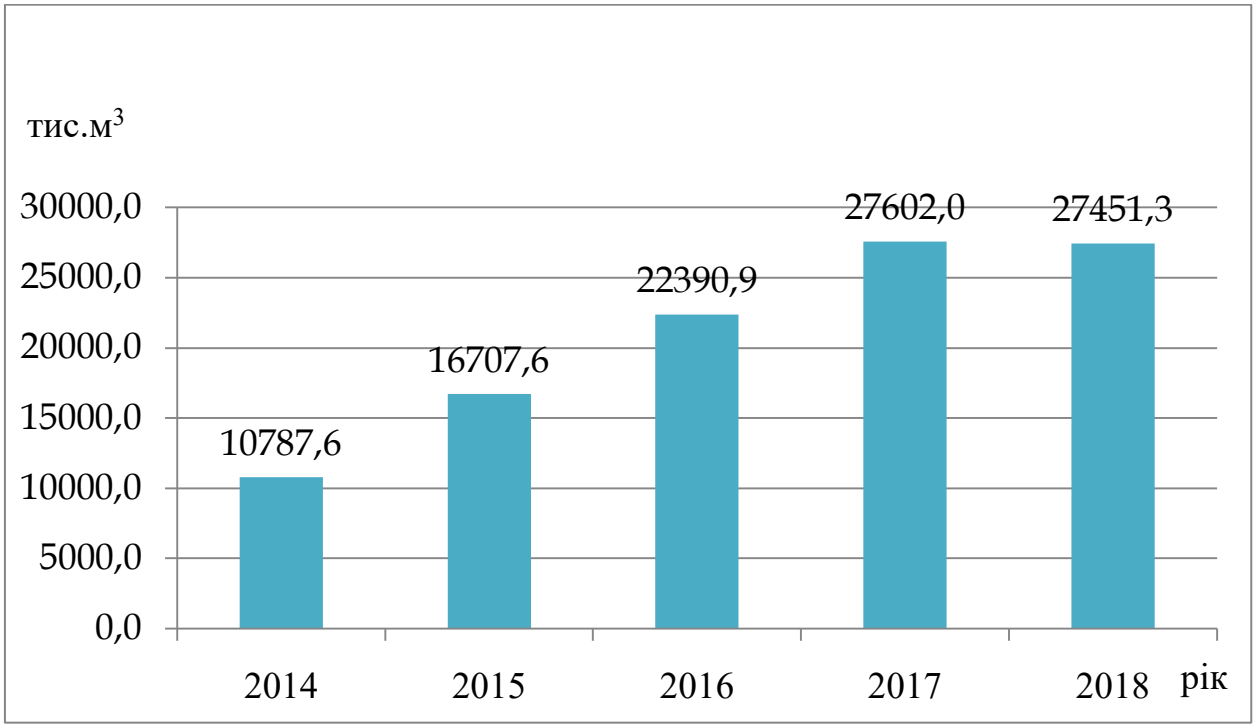


Рисунок 2.1 – Гістограма об'єму поданої води насосної станції I підйому блоку №1

Насосна станція–I підйому блока 1 складається з двох будівель: старої та нової (прибудова).

Стара частина побудована у 1937 р., має круглу в плані форму. В машинному залі встановленні насосні агрегати № 1, 2, 3 марки 20 НДВС, № 4 – марки 12 НДС, №1а – марки 20 НДС. Облік поданої на очищення води здійснюється за допомогою приладу обліку «Січ–УЗВ», які встановленні на водоводах Ø – 1400 мм В–7 (лівий) і В–7 (правий).

На даний час підйом води здійснюється насосними агрегатами №4 типу 12 НДС (основний) та №1а типу 20 НДС (для попереднього регулювання напору). Регулювання роботи насосної станції–І підйому блока1 виконується методом дроселювання засувкою після насосного агрегату №1а. Даний технологічний прийом веде до аерації трубопроводу, кавітації робочих коліс насосів і викликає значні перевитрати енергії.

Для забезпечення роботи вищенаведеного обладнання за останні роки були значні витрати електроенергії, які наведено на рис.2.2 за даними наданими КП «Водоканал» (див. Додаток В).

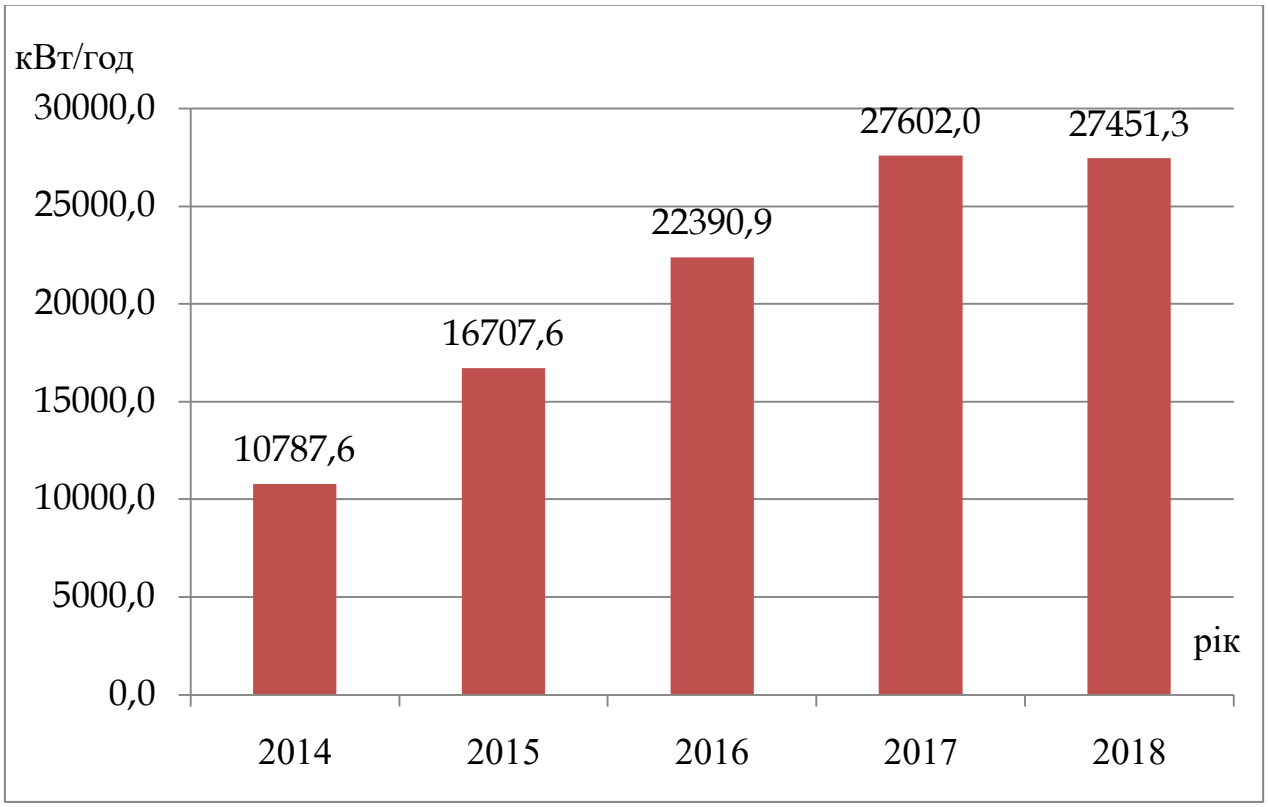


Рисунок 2.2 – Гістограма витрати електроенергії насосної станції І підйому блоку №1

Прибудова насосної станції–І підйому блока 1 розміщена окремо від старої будівлі насосної станції. Розміри 21,17 х 5,70 м, в тому числі машинний зал 16,22 х 5,70 м глибиною Н = 3,92 м, будівля цегляна, споруда 1976 р, знаходиться в задовільному стані. Вона розташована на території ДВС–1 в нижній прибережній її частині у насосної станції–І підйому блока 1. В даний час в новому машинному залі знаходяться два насосних агрегати – №5, №6 марки 20 НДС. Насосні агрегати встановленні на монолітних бетонних фундаментах, спирання насосів і електроприводу виконано на звареній металевій рамі з прокатних профілів. Обв'язка насосних агрегатів виконана із стальних трубопроводів.

За даними, наданими КП «Водоканал», Додаток Г, продуктивність насосної станції–І підйому блока 1 ДВС–1 по встановленому обладнанню (включаючи 2 резервних насоса) становить 463,2 $м^3$/доб (фактична), продуктивність за паспортом – 472,8 $м^3$/доб. Ці показники свідчать про те, що обладнання виробляє 98% від своєї продуктивності.

З рисунка 2.1 та 2.2 бачимо, що об’ємні річні показники та витрати електроенергії по насосній станції–І підйому блока 1 ДВС–1 зростають щороку. Обсяг піднятої води з 2014 р. по 2018 р. збільшився на 16663,7 тис.$м^3$, а витрата електроенергії на 5396117,0 кВт/год. Зважаючи на тенденцію стрімкого зростання витрати електроенергії, збільшення подачі води на насосній станції–І підйому блока 1 ДВС–1, а також проаналізувавши вартість на послуги з електропостачання – зростання вартості майже в два рази за 4 роки (див. Додаток Д), робимо висновок, що потрібна термінова заміна та модернізація насосного обладнання.

2.3 Технічне переоснащення водопровідної насосної станції–І підйому блока №1

З метою економії електроенергії та поліпшення основних технологічних характеристик насосної станції І–підойму блока 1 передбачено часткова заміна насосних агрегатів з використанням напівпровідникових перетворювачів частоти.

2.3.1 Технічне рішення переоснащення

Машинний зал прибудови насосної станції–І підйому блока 1 має наступні розміри 16,22 х 5,70 м глибиною Н = 3,92 м, стан залу задовільний. На даний час машинний зал обладнаний двома енергоємними насосними агрегатами №5 та №6 марки 20 НДС (напруга двигуна 6000 В) які підлягають демонтажу. На їх місце планується встановлення нових більш економічних насосних агрегатів марки DHV.500–510PA+315kW–6p (№5') та DHV.500–510RA+250kW–6p (№6') (напруга двигуна 400 В) виробництва Польщі з електродвигуном потужністю 315 кВт та 250 кВт відповідно. Нові насосні агрегати планується обладнати напівпровідниковим перетворювачем частоти обертання вала двигунів для плавного та економічного управління їх роботою, а також для автоматизації роботи ДВС–1 [29].

Насосний агрегат №1а типу 20 НДС (використовується для попереднього регулювання напору) машинного зала насосної станції–І підйому блока після встановлення нових насосних агрегатів марки DHV.500–510PA+315kW–6p (№5') та DHV.500–510RA+250kW–6p (№6') у прибудові, планується перевести у резерв. Насосний агрегат №4 типу 12 НДС залишиться основним.

Зміна технологічних параметрів насосної станції–І підйому блока 1 не передбачає зміну об'ємно–планувальних характеристик будівлі прибудови,

так як плановане технічне переоснащення стосується лише заміни насосних агрегатів, їх трубної обв'язки та електропостачання.

2.3.2 Характеристика об'єкту проектування

Технічне переоснащення насосної станції–І підйому блока 1 передбачає заміну двох насосних агрегатів марки 20 НДС, які знаходяться у прибудові на наступні (див. табл.2.1):

Таблиця 2.1 – Характеристика насосних агрегатів у прибудові насосної станції–І підйому блока 1

№	Насосний агрегат	Характеристика				
		насоса		електродвигуна		
		Q, $м^3$/год	H, м	N, кВт	N, $с^{-1}$	U, В
5	20 НДС	3600	45	500	730	6000
5'	DHV.500–510PA+315kW–6p	3300	25	315	990	400
6	20 НДС	1800	32	400	730	6000
6'	DHV.500–510RA+250kW–6p	2800	25	250	990	400

1) замість насосного агрегату №5 потужністю 500 кВт, напругою 6000 В пропонується установка менш потужного горизонтального насосного агрегату фірми «Hydro–Vacuum» (Польща) марки DHV.500–510PA+315kW–6p з параметрами Q=3300 $м^3$/год, H=25 м, $Н_{вак.всмокт.}$=7,8 м, $КПД_{насосу}$=83,5 %, електродвигун 355Lz6 потужністю 315 кВт, напругою 400 В, n=990 об/хв., $КПД_{двигуна}$=95,8%. Встановити перетворювач частоти обертання валу електродвигуна 40–60 гц для плавного управління роботою насосного агрегату, фірма «Danfoss», потужність 400 кВт. Економія від використання НПЧ становить 15% (див. Додаток Є);

2) замість насосного агрегату №6 потужністю 400 кВт, напругою 6000 В пропонується установка менш потужного горизонтального насосного агрегату фірми «Hydro–Vacuum» (Польща) марки DHV.500–510RA+250kW–6p з параметрами Q=2800 $м^3$/год,H=25 м, $Н_{вак.всмокт.}$=6,1 м, $КПД_{насосу}$=83,5 %, електродвигун 355Lx6 потужністю 250 кВт, напругою 315 В, n=990 об/хв., $КПД_{двигуна}$=95,8%. Встановити перетворювач частоти обертання валу електродвигуна 40–60 гц для плавного управління роботою насосного агрегату, фірма «Danfoss», потужність 315 кВт. Економія від використання НПЧ становить 15% (див. Додаток Ж) [29,30].

Насоси DHV - це горизонтальними відцентрові одноступінчасті насоси з робочими колесами двостороннього входу (рис.2.3).

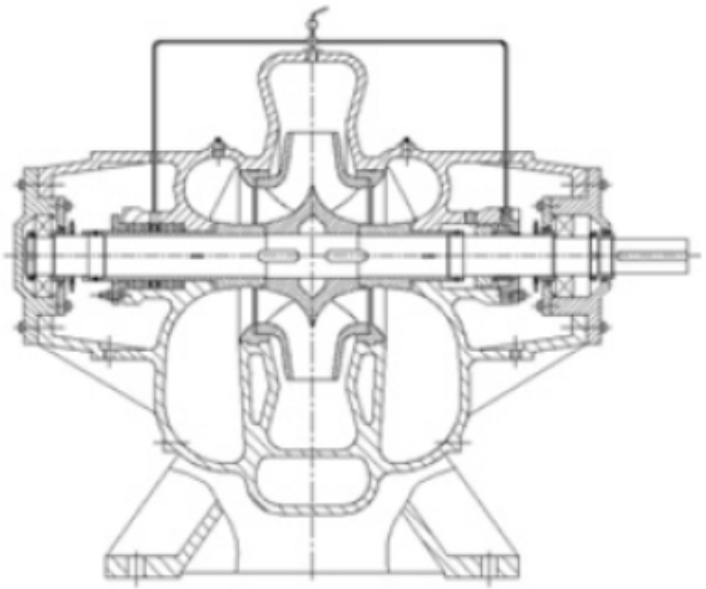


Рисунок 2.3 – Схема відцентрового насоса DHV

Корпус насоса розділений в горизонтальній площині.

Робоче колесо - закритого типу, з двостороннім всмоктуванням.

Вал - захищений захисними втулками вала.

Ущільнення - в стандарті використовуються м'які ущільнення і одинарні механічні ущільнення.

Підшипники - в даному типі насосів симетрія подвійного всмоктування або застосування протилежних робочих коліс зменшує осьову силу, що дозволяє використовувати кулькові підшипники. Підшипники можуть змазуватися мастилом або маслом.

Усі обертові частини насоса збалансовані динамічно.

Насоси DHV характеризуються високою жорсткістю гідравлічної системи, яка досягається завдяки опорам вала з кожного його боку. Завдяки розташуванню робочого колеса в центральній частини вала насоса і всмоктуванню води робочим колесом з кожної його боку, знижені до мінімуму осьові сили в насосі, що дозволяє застосувати просту підшипникову систему і значно збільшити термін служби насоса.

Корпус насоса розділений на дві частини: верхню і нижню після зняття верхньої частини насоса, можна зручно і легко провести огляд і ремонт гідравлічної системи. Насоси характеризуються високим коефіцієнтом корисної дії та низькими експлуатаційними витратами.

Насоси DHV працюють при використанні перетворювачів «Danfoss» серії VLT® AQUA Drive.

Перетворювач частоти VLT® AQUA Drive забезпечує найбільш високий рівень продуктивності для двигунів змінного струму, які використовуються у водопостачанні. Цей частотний перетворювач відрізняється широким діапазоном потужних стандартизованих функцій, який можна поповнити за рахунок поліпшують продуктивність додаткових пристроїв (рис.2.4).

Особливості та переваги:

Реалізована захист обладнання за допомогою спеціально розроблене програмне забезпечення, яке запобігає, наприклад, гідравлічний удар.

Найбільша ефективність використання енергії досягається за рахунок алгоритмів керування приводами, а також конструкції, в якій особлива увага приділяється зменшенню тепловтрат.

Рисунок 2.4 - перетворювач частоти VLT® AQUA Drive

Завдяки унікальному принципом охолодження через тильний канал, при якому 90% тепла виводиться з приміщення, забезпечується значна економія електроенергії при кондиціонуванні повітря.

Зменшення електромагнітних перешкод і гармонійних спотворень досягається завдяки вбудованому масштабованість фільтру ВЧ-перешкод і інтегрованим дроселів ланцюга постійного струму.

Ідеальна інтеграція системи і її адаптація до сфери застосування стає можливою завдяки використанню програмованих попереджувальних текстів і текстів повідомлень.

Функція автоматичної оптимізації енергоспоживання дозволяє досягти 10-15% економії електроенергії.

Фундаменти для нових насосних агрегатів підлягають переробці з урахуванням їх габаритів, обрамлення L75x6, установка анкерних болтів, виготовлення та монтаж перехідної рами L18.

Обв’язка нових насосних агрегатів трубопроводами здійснюється після їх установки за місцем призначення, вхідні трубопроводи заміні не підлягають.

Для з’єднання патрубків нових насосних агрегатів із існуючими засувками за місцем призначення виконати установку відводів із стальних труб Ø630х8 мм і Ø530х8 мм відповідно до ГОСТу 10706–76 [31] та ексцентричний перехід Ø630х8 мм і Ø530х8 мм на випуску після насосів встановити зворотні клапани поворотні, фланцеві марки 19ч21р, Ø500 мм [32,33].

Заміна насосних агрегатів виконується послідовно, починаючи з насосного агрегату №5. По закінченню робіт по монтажу та обв’язці насосних агрегатів виконати їх промивку, дезінфекцію, пусконалагоджувальні роботи та гідравлічні випробування зі складанням підсумкового акту відповідно з вимогами регламенту на випробування ДСТУ–Н Б В.2.5–68:2012 [34].

2.3.3 Оцінка результатів

I. Виконаємо розрахунок щодо економії електроенергії при заміні двох насосних агрегатів 20НДС на DHV.500–510PA+315kW–6p та DHV.500–510RA+250kW–6p без та з урахуванням використання напівпровідниковим перетворювачів частоти обертання вала двигунів «Danfoss» . Технічні характеристики нового обладнання див. Додаток Є, Ж.

1. Річна економія електроенергії при заміні насосного обладнання без урахування встановленого напівпровідникового перетворювача частоти обертання вала двигунів.

Річна витрата електроенергії насосних агрегатів визначається за формулою:

$$Q_{\text{ел.ен.річ}} = \sum N_{i-j} \cdot 24 \cdot 365, \qquad [\text{кВт} \cdot \text{год/рік}] \qquad (2.1)$$

де $\sum N_{i-j}$ – сумарна потужність електрообладнання, кВт·год.

Річна витрата електроенергії двох насосних агрегатів 20 НДС з потужністю електродвигунів N_5=500 кВт, N_6=400 кВт за формулою 2.1:

$$Q_{\text{ел.ен.річ.1}} = (400 + 500) \cdot 24 \cdot 365 = 7\,884\,000 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Річна витрата електроенергії насосних агрегатів DHV.500–510RA+250kW–6p та DHV.500–510RA+250kW–6p з потужністю електродвигунів $N_{5'}$=315 кВт, $N_{6'}$=250 кВт за ф.2.1:

$$Q_{\text{ел.ен.річ.2}} = (315 + 250) \cdot 24 \cdot 365 = 4\,949\,400 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Економія електроенергії при заміні насосного обладнання визначається за формулою 2.2:

$$E = Q_i - Q_j, \tag{2.2}$$

Отже,

$$E_{\text{ел1}} = 7\,884\,000 - 4\,949\,400 = 2\,934\,600 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Отримана економія становить 37,22%, в грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$E_{\text{гр1}} = 2\,934\,600 \cdot 2{,}0813 = 6\,107\,783 \text{ грн/рік}.$$

2. Річна економія електроенергії при заміні насосного обладнання з урахування встановленого напівпровідникового перетворювача частоти обертання вала двигунів «Danfoss» становить 15% за даними [30].

Річна витрата електроенергії становить:

$$Q_{\text{ел.ен.річ.3}} = Q_{\text{ел.ен.річ.2}} - 15\% = 4\,206\,990 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Отже,

Економія електроенергії при заміні насосного обладнання визначається за формулою 2.2:

$$E_{\text{ел2}} = 4\,949\,400 - 4\,206\,990 = 742\,410 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Отримана економія в грошовому еквіваленті (за даними Додатку Г):

$$E_{\text{гр2}} = 742\ 410 \cdot 2{,}0813 = 1\ 545\ 178 \text{ грн/рік.}$$

3. На основі вищенаведених розрахунків робимо висновок, що загальна економія електроенергії при заміні двох насосних агрегатів та встановленні НПЧ становить:

$$E_{\text{ел3}} = 7\ 884\ 000 - (4\ 949\ 400 - 742\ 410) = 3\ 677\ 010 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Отримана економія становить 46,64%, в грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$E_{\text{гр3}} = 3\ 677\ 010 \cdot 2{,}0813 = 7\ 652\ 961 \text{ грн/рік.}$$

Отримані дані внесемо у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Економічні показники впровадження нового насосного обладнання

№	Насосний агрегат	Річна витрата електроенергії, Е, кВтгод/рік	Економія річної витрати електроенергії від впроваджених заходів, Е		
			кВтгод/рік	%	грн
1	20 НДС – 2 од. , з ел. двигуном потужністю N_5=500 кВт та N_6=400 кВт,	7 884 000	–	–	–
2	DHV.500–510RA+250kW–6p, DHV.500–510RA+250kW–6p з потужністю електродвигунів $N_{5'}$=315 кВт, $N_{6'}$=250 кВт	4 949 400	2 934 600	37,22	6 107 783
3	DHV.500–510RA+250kW–6p, DHV.500–510RA+250kW–6p з потужністю електродвигунів $N_{5'}$=315 кВт, $N_{6'}$=250 кВт та з використанням ППЧ «Danfoss»	4 206 990	3 677 010	46,64	7 652 961

II. Виконаємо розрахунок щодо економії електроенергії на насосній станції-І підйому 1 блока у старій будівлі при переведені насосного агрегату 20 НДС у резерв.

Проаналізуємо потужність насосного обладнання, яке встановлене у насосної станція-І підйому 1 блока старої будівлі, до реконструкції, див. табл.2.3 за даними наданими КП «Водоканал» (Додаток Г).

Таблиця 2.3 – Насосне обладнання, яке знаходиться в старій будівлі насосної станції-І підйому 1 блока (до реконструкції)

№ п/п	Позначення насосного обладнання на насосній станції	Робочий/ резервний насосний агрегат	Марка насосного агрегату	Потужність електродви-гуна кВт	Загальна потужність електродвигунів робочих/ резервних насосних агрегатів
1	№1	рез.	20 НДСВ	370	740
2	№2	рез	20 НДСВ	370	
3	№3	роб.	20 НДСВ	270	990
4	№4	роб.	12 НДС	220	
5	№1а	роб.	20 НДС	500	

1. Річна витрата електроенергії насосними агрегатами, які знаходяться в старій будівлі насосної станції-І підйому 1 блока.

Для подальшого розрахунку до уваги беремо робоче насосне обладнання з табл.2.3.

Річна витрата електроенергії трьох насосних агрегатів 20 НДСВ, 12 НДСВ та 20 НДС визначається за формулою 2.1:

$$Q_{\text{ел.ен.річ.4}} = (270 + 220 + 500) \cdot 24 \cdot 365 = 8\,672\,400 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

В грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$В_1 = 8\,672\,400 \cdot 2{,}0813 = 18\,049\,866{,}12 \text{ грн/рік.}$$

2. Річна витрата електроенергії насосними агрегатами, які знаходяться в старій будівлі насосної станції-І підйому 1 блока при переведені насосного агрегату №1а марки 20 НДС з потужністю двигуна N_5=500 кВт визначається за формулою 2.1:

$$Q_{\text{ел.ен.річ.5}} = (270 + 220) \cdot 24 \cdot 365 = 4\,292\,400 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

В грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$В_2 = 4\,292\,400 \cdot 2{,}0813 = 8\,933\,772{,}12 \text{ грн/рік.}$$

3. Економія електроенергії при заміні насосного обладнання визначається за формулою 2.2:

$$E_{\text{ел4}} = 8\,672\,400 - 4\,292\,400 = 4\,380\,000 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік.}$$

Отримана економія становить 48,99 %, в грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$E_{\text{гр4}} = 4\,380\,000 \cdot 2{,}0813 = 9\,116\,094 \text{ грн/рік.}$$

III. За результатами вищенаведених розрахунків узагальнимо економію електроенергії на насосній станції-І підйому 1 блока при заміні двох насосних агрегатів 20НДС на DHV.500–510PA+315kW–6p та DHV.500–510RA+250kW–6p, які обладнанні напівпровідниковими перетворювачами частоти обертання вала двигунів «Danfoss».

1. Витрата електроенергії на насосній станції-І підйому 1 блока до реконструкції:

$$Q_{\text{стар}} = Q_{\text{ел.ен.річ.1}} + Q_{\text{ел.ен.річ.4}};$$

$$Q_{\text{стар}} = 7\,884\,000 + 8\,672\,400 = 16\,556\,400 \ \text{кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

В грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$E_{\text{стар}} = 16\,556\,400 \cdot 2{,}0813 = 34\,458\,835{,}32 \ \text{грн/рік}.$$

2. Витрата електроенергії на насосній станції-І підйому 1 блока після реконструкції:

$$Q_{\text{нов}} = Q_{\text{ел.ен.річ.3}} + Q_{\text{ел.ен.річ 5}};$$

$$Q_{\text{нов}} = 4\,206\,990 + 4\,292\,400 = 8\,499\,390 \ \text{кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

В грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$E_{\text{нов}} = 8\,499\,390 \cdot 2{,}0813 = 17\,689\,780{,}41 \ \text{грн/рік}.$$

3. Економія електроенергії при заміні насосного обладнання визначається за формулою 2.2:

$$E_{\text{ел}} = Q_{\text{стар}} - Q_{\text{нов}};$$

$$E_{\text{ел}} = 16\,556\,400 - 8\,499\,390 = 8\,057\,010 \ \text{кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Отримана економія становить 48,67 %, в грошовому еквіваленті цей показник наступний (за даними Додатку Г):

$$E_{\text{гр}} = 8\,057\,010 \cdot 2{,}0813 = 16\,769\,055 \ \text{грн/рік}$$

2.3.4 Висновки

Для покращення економічних показників та ефективнішої роботи насосних агрегатів на мережу на насосної станції-І підйому 1 блока було виконано наступне:

1) заміна двох насосних агрегатів марки 20 НДС, потужністю 500 кВт, напругою 6000 В, які знаходяться у прибудові на насосні агрегати фірми «Hydro–Vacuum» (Польща) марки DHV.500–510PA+315kW–6p потужністю 315 кВт, напругою 400 В та DHV.500–510RA+250kW–6p потужністю 250 кВт, напругою 315 В;
2) встановлено перетворювач частоти обертання валу електродвигуна 40–60 гц для плавного управління роботою нових насосноих агрегатів, фірма «Danfoss», потужність 400 кВт. Економія від використання НПЧ становить 15%;
3) насосний агрегат №1а типу 20 НДС (використовується для попереднього регулювання напору) машинного зала насосної станції–І підйому блока у прибудові переведено у резерв. Насосний агрегат №4 типу 12 НДС залишився основним.

При заміні обладнання напруга двигунів знизилась від 6000 В до 400 В, перетворювач частоти VLT® AQUA Drive за рахунок функції автоматичної оптимізації енергоспоживання дозволяє досягти 10-15% економії електроенергії.

Завдяки цим методам було отримано наступні результати, див. табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Економічні показники впровадження нового обладнання

№	Насосна станція І підйому 1 блока	Річна витрата електроенергії, Е, кВтгод/рік	Економія річної витрати електроенергії від впроваджених заходів, Е		
			кВтгод/рік	%	грн/рік
1	до реконструкції	16 556 400	8 057 010	46,87	16 769 055
2	після реконструкції	8 499 390			

Впровадження нового насосного обладнання з використанням перетворювачів частоти дає економію електроенергії майже у два рази. Для загальної техніко-економічної характеристики Дніпровської водопровідної станції-1 це дуже гарні показники, так як кожного року вартість на послуги електропостачання зростають.

Крім економії електроенергії вдалося покращити роботу насосної станції, що є найголовнішим для системи водопостачання:

- зниження аварійності в системах;
- ліквідувати пагубний вплив пускових токів;
- збільшення в 3–10 разів електричного і механічного ресурсу насосів, електродвигунів, апаратури, обладнання;
- збільшення надійності системи, за рахунок усунення людського фактора;
- підтримання точного тиску і витрати, при цьому знижуючи витоки в системі і енергоспоживання.

3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ІІІ-ГО ПІДЙОМУ

3.1 Характеристика об’єкту НС «Хортицька»

3.1.1 Характеристика обладнання насосної станції «Хортицька»

Схема насосної станції «Хортицька» представлена на рис. 3.1.

Основне енергетичне обладнання – насосні агрегати (1-5).

Трубопровідне обладнання та трубопроводи:

- відкриті (3, 7, 8, 9, 11, 12, 14, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61) та закриті (4, 6, 10, 16, 19, 27, 32, 62) засувки;
- зворотні клапани (2, 29, 38, 44, 45, 46, 47, 48);
- напірні трубопроводи позначені синім кольором, всмоктуючі трубопроводи – зеленим кольором.

Контрольно-вимірювальні прилади для вимірювання:

- тиску (H_1, P_1, H_2, P_2, h_2, P_3, H_4, P_4, H_5, P_5);
- витрати (Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5, Q_6, Q_7);
- геометричних позначок РЧВ, рівнів води та об'ємів води;
- струму та потужності на робочих насосних агрегатах.

До та після насосних агрегатів обладнуються засувки, після насосних агрегатів обладнуються зворотні клапани.

До РЧВ встановлюють зворотні клапана, а після — засувки.

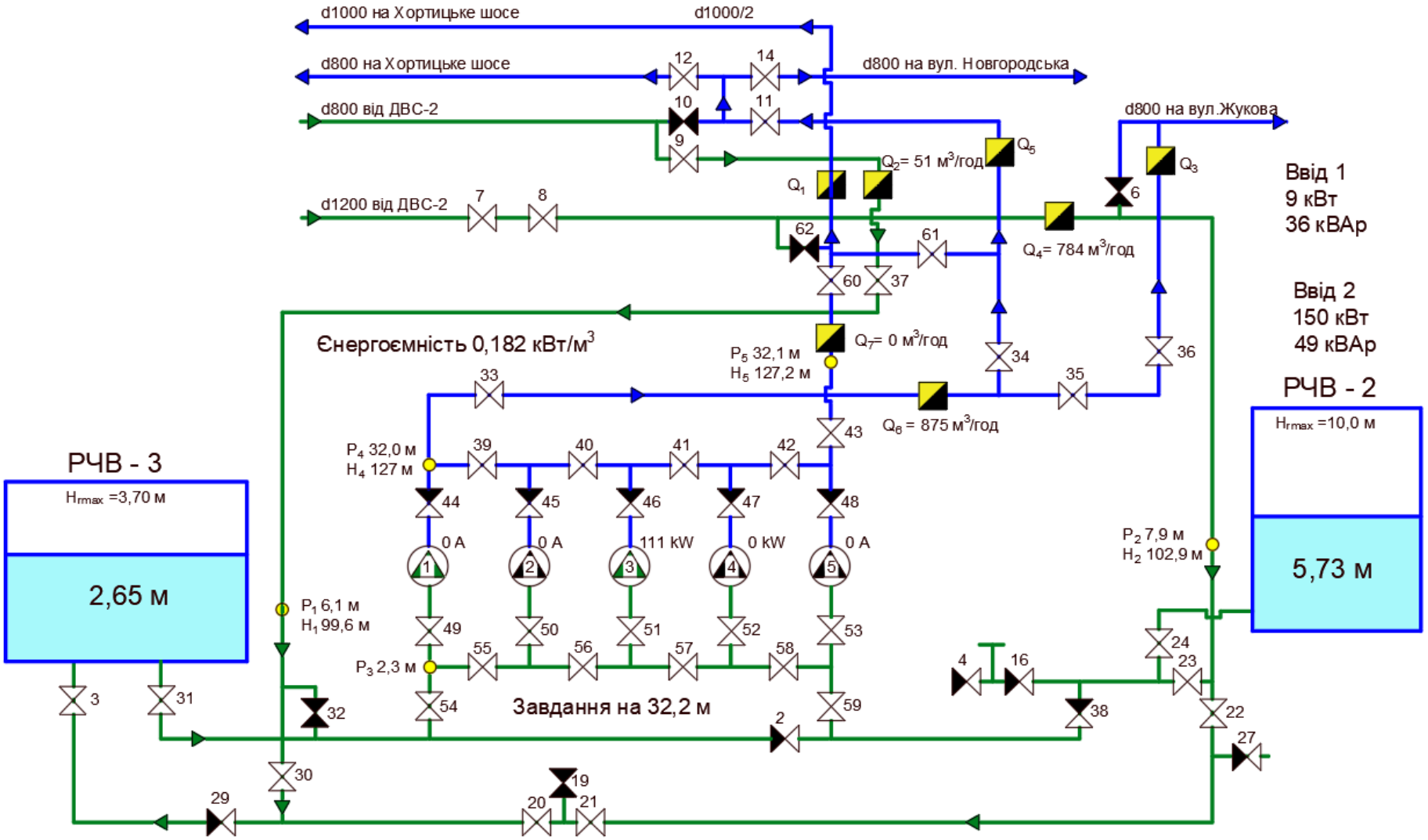
На певних проміжках трубопроводу ставлять засувки для уникнення витоку води при можливих аваріях.

Датчики тиску встановлюються до РЧВ і після насосних агрегатів.

Перед подачею води до споживачів встановлюють витратоміри.

На насосних агрегатах встановлюють вимірювачі сили струму і потужності.

Рисунок 3.1- Схема насосної станції «Хортицька»



3.1.2 Режим роботи насосної станції «Хортицька»

Режим роботи насосної санації зображено на рисунку 3.2 та 3.3.

На насосній станції «Хортицька» з $14^{\underline{00}}$ до $22^{\underline{00}}$ спостерігається тиск 32,5 м, з $22^{\underline{00}}$ до $06^{\underline{00}}$ спостерігається зниження тиску до 30,5 м, з $06^{\underline{00}}$ до $14^{\underline{00}}$ спостерігається підвищення тиску до 32,5 м. Значний перепад тиску спостерігаємо з $22^{\underline{00}}$ до $06^{\underline{00}}$. Тиск, з яким подається вода на насосні агрегати за всю добу коливається з незначною кількістю з 5 до 8 м.

З $22^{\underline{00}}$ до $23^{\underline{30}}$ на насосній станції знизили тиск у напірній лінії у зв'язку з переходом на нічний режим водопостачання з 32,5 м до 30,5 м.

У цей період часу витрата знизилась з 850 $м^3$/год до 700 $м^3$/год. Період тривав 45 хв, це робиться для запобігання виникнення гідравлічного удару.

З $06^{\underline{00}}$ до $6^{\underline{30}}$ напір збільшується до 32,5 м – це пов'язано з переходом на денний режим водопостачання. У цей період витрата збільшується з 700 $м^3$/год до 850 $м^3$/год. На момент представлення схеми робочі агрегати 1 та 3 створюють тиск у мережі 32,5 м, що відповідає завданню насосної станції.

Рисунок 3.2 – Графік показників тиску на насосній станції «Хортицька» впродовж доби

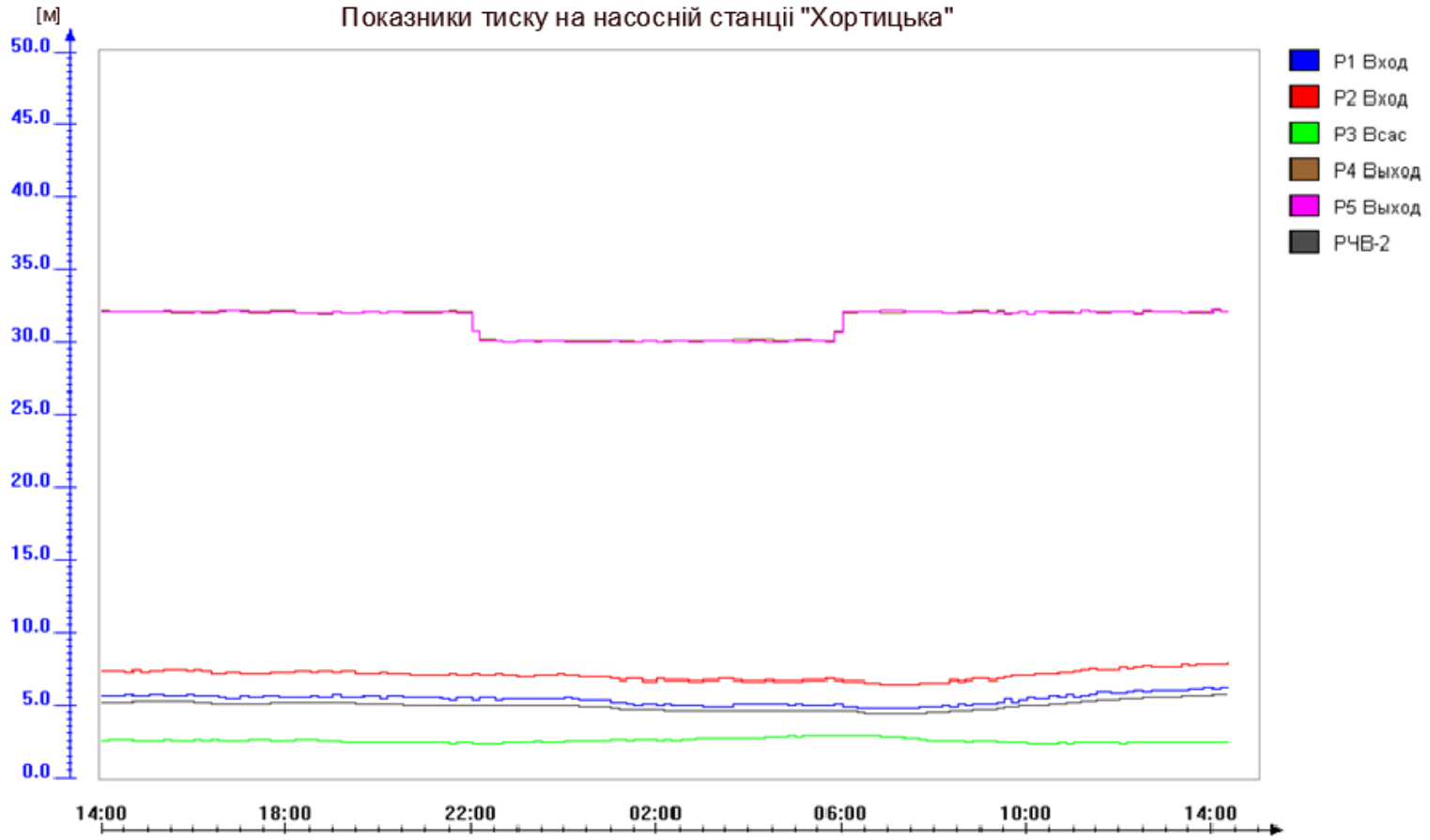


Рисунок 3.3 – Графік подачі води на насосній станції «Хортицька» впродовж доби

3.1.3 Характеристики насоса та мережі на НС «Хортицька»

Насосна станція обладнана п'ятьма насосними агрегатами, беремо до уваги тільки працюючі агрегати, всі розрахунки приведені для агрегату №3 марки Д4000-95-а. Характеристика насосного устаткування приведена нижче:

- марка насоса: Д4000-95-а;
- номер агрегату за схемою: №3;
- інвентарний номер: 47493;
- витрата: 2967 м^3/год;
- напір: 47 м;
- потужність: 400 кВт;
- коефіцієнт корисної дії (ККД): 86,5%;
- кутова швидкість: 750 об/хв;
- дата введення в експлуатацію: 10.02.1993р;

При зміні частоти обертання робочого колеса насоса з 750 об/хв до 511 об/хв його характеристики Q-H, Q-N, і Q-η змінюються за законом подібності:

Відповідно до завдання напір встановлений при денному режимі — 32,5 м, при нічному режимі — 30,5 м;

$$H_A/H_B = (n_1/n_2)^2;$$

H_A=47 м; n_1=750 об/хв;

H_B=32 м; n_2=511 об/хв;

$$Q_A/Q_B = n_1/n_2;$$

Q_A=2967 м3/год; n_1=750 об/хв;

Q_B=1710 м3/год; n_2=432 об/хв;

$$N_A/N_B = (n_1/n_2)^3;$$

N_A=400 кВт; n_1=750 об/хв;

N_B=231 кВт; n_2=432 об/хв;

де Q_A, H_A, N_A - подача, напір і потужність насоса, що відповідають частоті обертання робочого колеса n_1;

Q_B, H_B, N_B – подача, напір і потужність насоса, що відповідають частоті обертання робочого колеса n_2;

Далі наведені розрахунки для денного та нічного режимів роботи насосної станції:

Вдень:

$$H_A/H_B = (n_1/n_2)^2;$$

H_A=47 м; n_1=750 об/хв;

H_B=32,5 м; n_2=519 об/хв;

$$Q_A/Q_B = n_1/n_2;$$

Q_A=2967 м^3/год; n_1=750 об/хв;

Q_B=1650 м^3/год; n_2=417 об/хв;

$$N_A/N_B = (n1/n2)^3;$$

N_A=400 кВт; n_1=750 об/хв;

N_B=223 кВт; n_2=417 об/хв;

Всі дані для розрахунку денного режиму роботи були прийняті станом на 12:30 денного часу доби.

Уночі:

$$H_A/H_B = (n_1/n_2)^2;$$

H_A=47 м; n_1=750 об/хв;

H_B=30,5 м; n_2=487 об/хв;

$$Q_A/Q_B = n_1/n_2;$$

Q_A=2967 м^3/год; n_1=750 об/хв;

Q_B=1170 м^3/год; n_2=296 об/хв;

$$N_A/N_B = (n_1/n_2)^3;$$

N_A=400 кВт; n_1=750 об/хв;

N_B=158 кВт; n_2=296 об/хв;

Всі дані для розрахунку нічного режиму роботи були прийняті станом на 03:30 нічного часу доби.

Розрахуємо характеристики насоса та мережі при регулюванні зміною частоти обертання робочого колеса і дроселювання.

Подача насоса, обумовлена їх перетином, дорівнює Q_a. Нехай потрібно змінити подачу насоса до величини Q_c і при цьому напір повинен бути мінімально допустимим і в процесі регулювання не знижуватися менше $H_{доп}$.

Для цього спочатку здійснюють дроселювання трубопроводу до витрати, що визначається співвідношенням формули 1.16:

$$Q=1710*(59-22,5)/(32-22,5+0,00069*1710^2)^{1/2}=2660 \text{ м}^3/\text{год};$$

Далі зменшуємо частоту обертання робочого колеса до значення за формулою 1.17:

$$n=750*[(32*0,00069*1710^2)/59]=673 \text{ об/хв.}$$

Для насосної станції «Хортицька» побудовані чотири графіка насосного устаткування на яких зображено:

1-й графік регулювання подачі зміною частоти обертання робочого колеса, дані за цим графіком були взяті з мнемосхеми станом на 14:25;

2-й графік характеристика насосного агрегату при "денному" режимі роботи насосного агрегату дані узяті станом на 12:30 денного часу;

3-й графік характеристика насосного агрегату при "нічному" режимі роботи насосного агрегату дані узяті станом на 03:30 нічного часу;

4-й графік регулювання зміною частоти обертання робочого колеса і дроселювання.

Рисунок 3.4 – Графік регулювання подачі насосів зміненням частоти обертання його робочого колеса

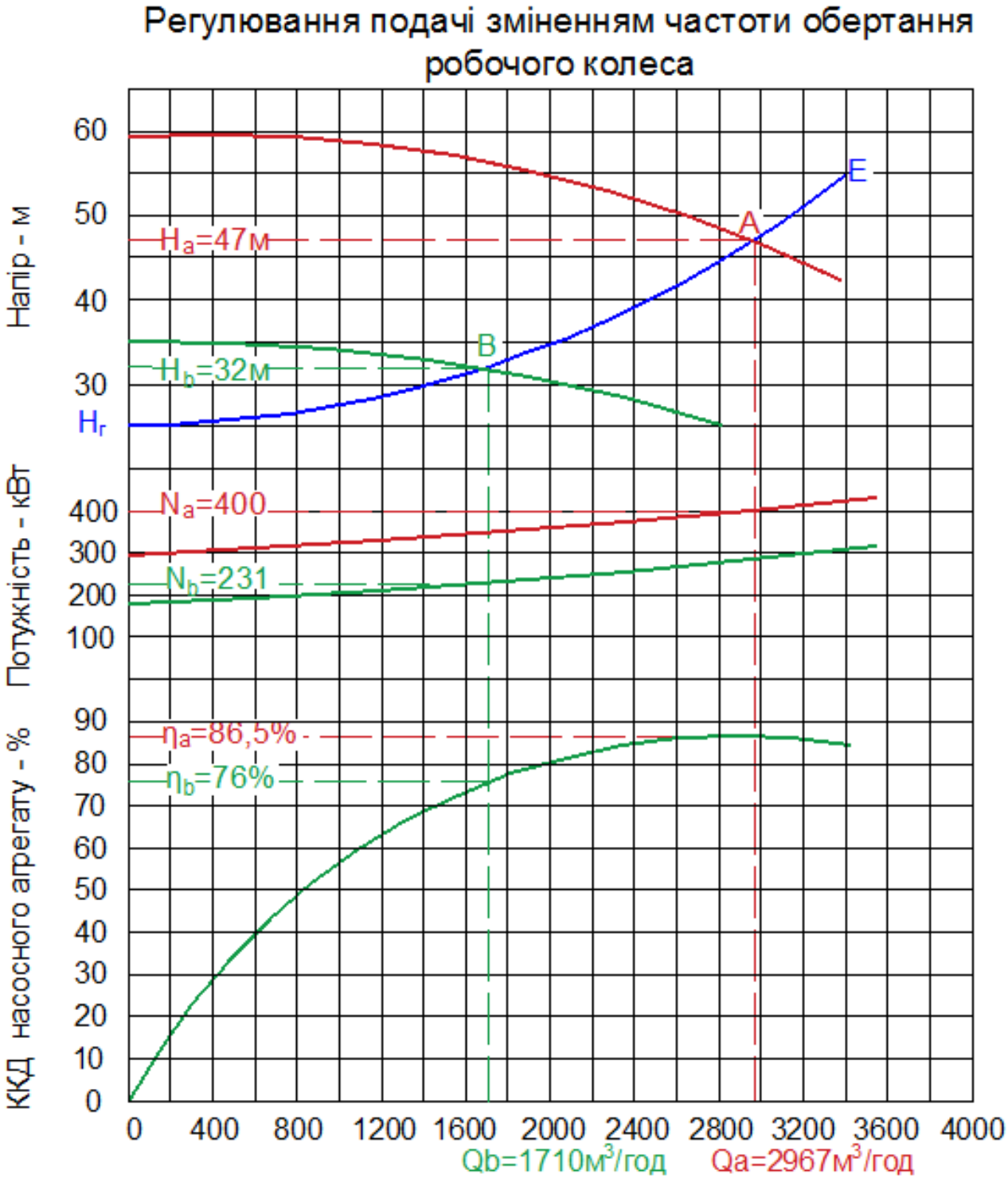


Рисунок 3.5 – Графік характеристики насосного агрегату при «денному» режимі роботи

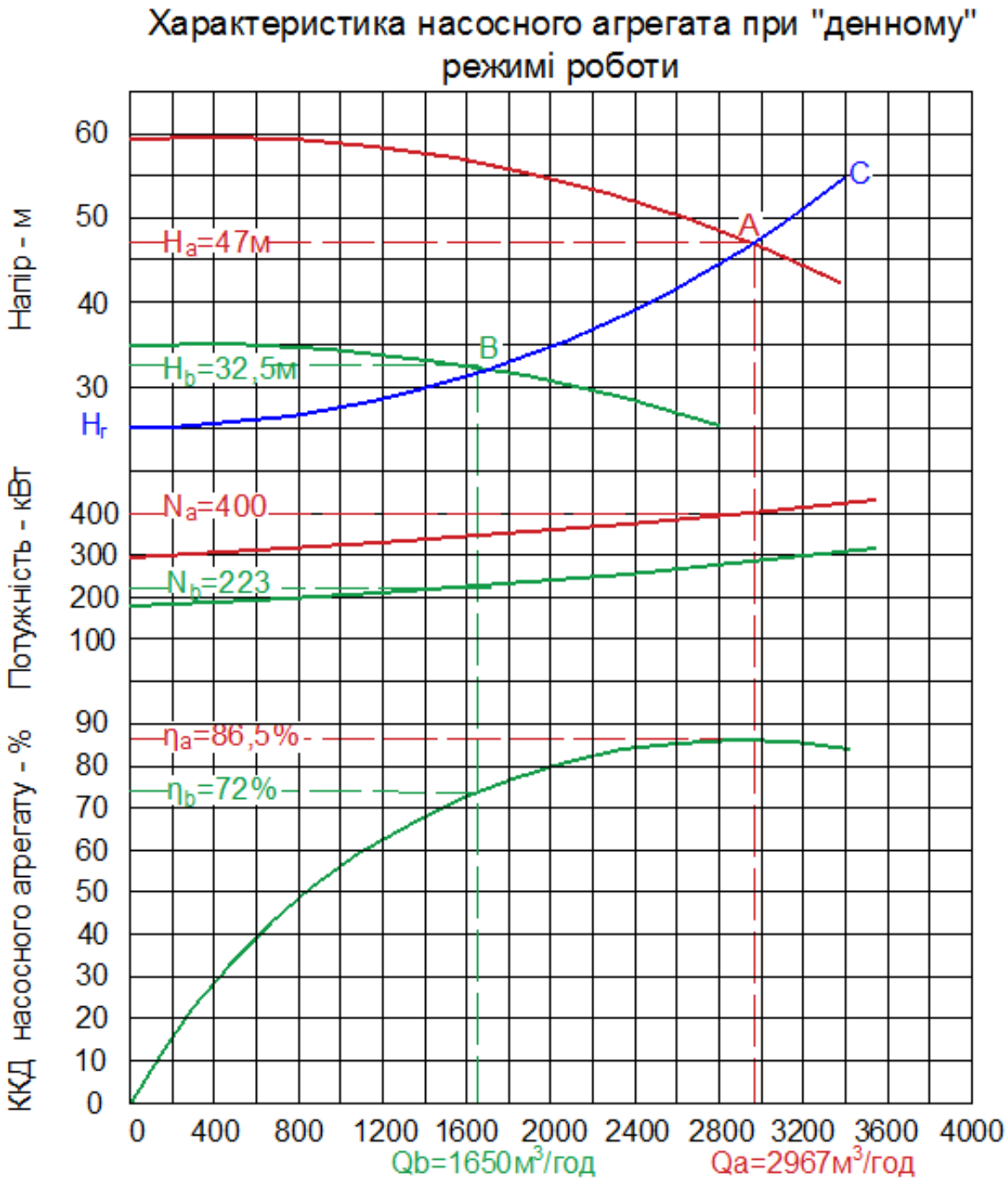


Рисунок 3.6 – Графік характеристики насосного агрегату при «нічному» режимі роботи

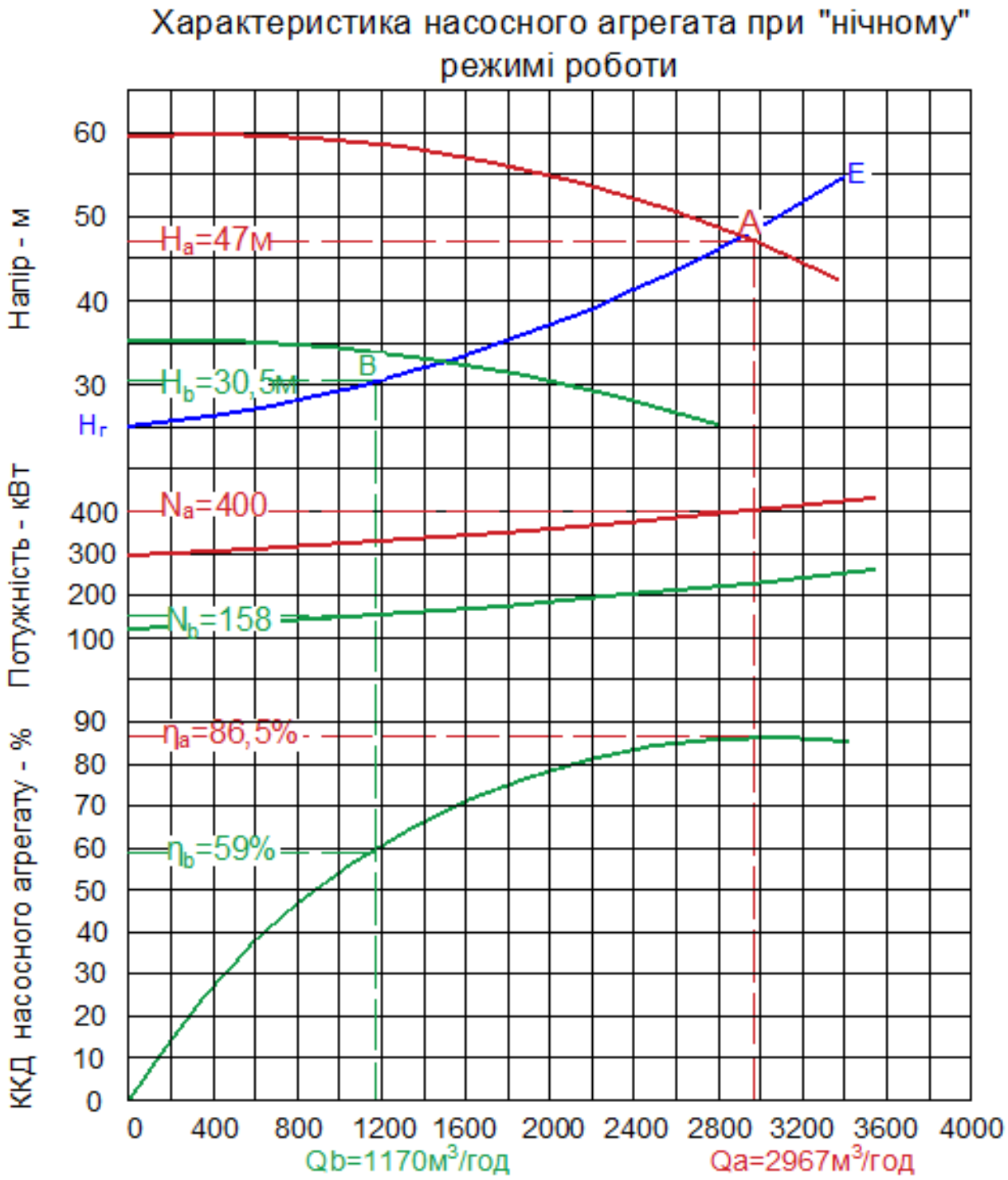
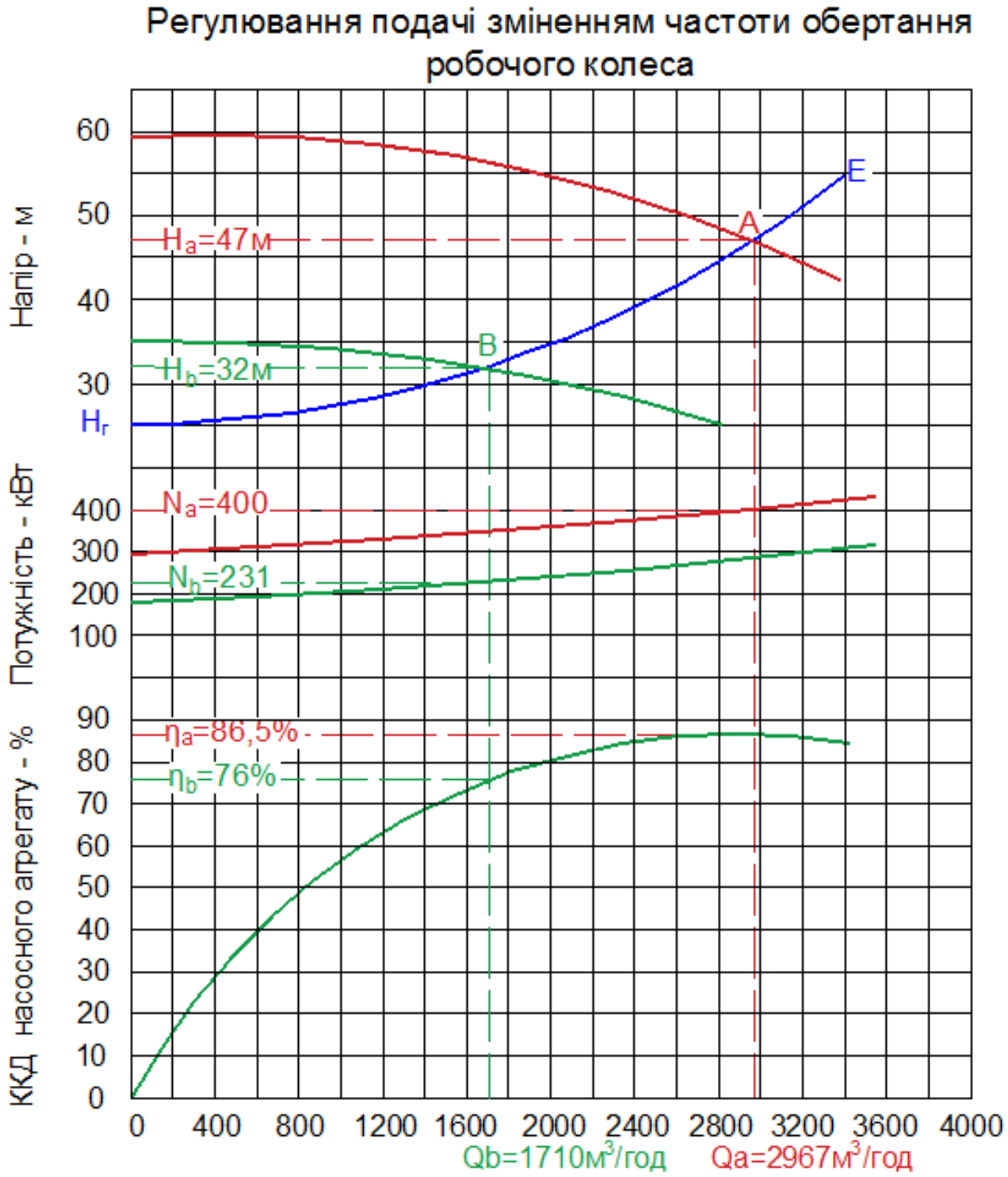


Рисунок 3.7 – Графік регулювання зміною частоти обертання робочого колеса та дроселювання



3.1.4 Показники енергетичної ефективності на НС «Хортицька»

Визначаємо перевищення фактичної питомої витрати нормативного значення, якщо відомі дані:

Двигун: U=0,4 кВ; $N_{ном}$=400 кВт; cosφ=0,88; $\eta_д$=86,5%; n=750 об/хв.

Фактичні дані: $N_{фак.д}$=223 кВт (денний режим), $N_{фак.д}$=158 кВт (нічний режим).

Насос: марка Д4000-95-а; $Q_Н$=2967м^3/год; $H_Н$=47м;

За даними фактичного електроспоживання насосного агрегату, за характеристикою насоса визначаємо його робочі параметри (продуктивність Q, напір Н, ККД, ηн):

Для денного режиму роботи НС: $Q_Ф$=1650м^3/год; $H_Ф$=32,5м; $\eta_Ф$=72%; $Q_Н$=2967м^3/год; $H_Н$=47; $\eta_Н$=86,5%;

Для нічного режиму роботи НС: $Q_Ф$=1170м^3/год; $H_Ф$=30,5м; $\eta_Ф$=59%; $Q_Н$=2967м^3/год; $H_Н$=47; $\eta_Н$=86,5%;

Потужність електродвигуна для насоса:

$$N\text{дв}(\text{кВт}) = \frac{K*Q*H*\gamma}{1000*\eta\text{н}*\eta\text{пер}};$$

де К=1,1:1,4 - к-т запасу;

γ — питома вага рідини;

$\eta_н$ — ККД насоса;

$\eta_{пер}$ — ККД передачі (1-при безпосередньому вкл.);

Q, м^3/с — подача рідини;

Н, м.в.ст. - висота подачі рідини;

Розрахунок для денного режиму роботи насосної станції:

$$N\text{дв}(\text{кВт}) = \frac{1{,}1 * 1650 * 32{,}5 * 1}{1000 * 0{,}72 * 0{,}95} = 223\text{кВт};$$

Розрахунок для нічного режиму роботи насосної станції:

$$N\text{дв}(\text{кВт}) = \frac{1{,}1 * 1170 * 30{,}5 * 1}{1000 * 0{,}59 * 0{,}95} = 158\text{кВт}$$

Електроенергія, споживана насосом:

$$W(\text{кВтч}) = \frac{Q * H * \gamma}{3600 * 102 * \eta\text{н} * \eta\text{пер} * \eta\text{дв}} * T;$$

де $\eta_{дв}$ — ККД двигуна;

Т,г — час роботи насоса за год.;

$$W(\text{кВтч}) = \frac{1710 * 32{,}5 * 1}{3600 * 102 * 0{,}865 * 0{,}95 * 0{,}64} * 24 = 4572\text{кВтч}$$

3.1.5 Висновки

1. Напір на виході з насосної станції складає в денний час 32,5 м — 69,14% від номінального. В нічний час 30,5 м — 64,89% від номінального.

2. Подача насосної станції складає в денний час 1650 м^3/год — 55,61% від номінального. В нічний час 1170 м^3/год — 39,43% від номінального.

3. ККД насосної станції складає в денний час 72%. В нічний час складає 59% від номінального.

4. Споживання електроенергії в денний час складає 223 кВт — 55,75% від номінального. В нічний час складає 158 кВт — 39,50% від номінального.

Пропозиції:

1. Провести заміну насосних агрегатів з меншою продуктивністю.

2. Впровадити насосні агрегати для денного та нічного режимів з використанням єдиної системи управління ППЧ (послідовне переключання частоти).

3.2 Характеристика об’єкту НС «Леваневська»

3.2.1 Характеристика обладнання насосної станції «Леваневська» та її режим роботи

Схема насосної станції «Леваневська» представлена на рис.3.8.

Основне енергетичне обладнання – насосні агрегати (1-6).

Трубопровідне обладнання та трубопроводи:

- відкриті (1а, 3, 3а, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 16а, 17а, 18, 18а, 21, 22, 23, 24, 25) та закриті (19а, 20) засувки;
- зворотні клапани (1, 2, 9, 17, 19);
- напірні трубопроводи позначені синім кольором, всмоктуючі трубопроводи – зеленим.

Контрольно-вимірювальні прилади для вимірювання

- тиску (H_1, P_1, H_2, P_2, H_3, P_3, H_4, P_4) та витрати (Q_1, Q_2, Q_3, Q_4),
- геометричних позначок РЧВ, рівнів води та об'ємів води;
- струму та потужності на робочих насосних агрегатах.

До та після насосних агрегатів обладнуються засувки, після насосних агрегатів обладнуються зворотні клапани.

До РЧВ встановлюють зворотні клапана, а після — засувки.

На певних проміжках трубопроводу ставлять засувки для уникнення витоку води при можливих аваріях.

Датчики тиску встановлюються до РЧВ і після насосних агрегатів.

Перед подачею води до споживачів встановлюють витратоміри.

На насосних агрегатах встановлюють вимірювачі сили струму і потужності.

Режим роботи насосної санації зображено на рисунку 3.9.

На насосній станції «Леваневська» з $04^{\underline{45}}$ до $22^{\underline{45}}$ спостерігається тиск 25,5 м, з $22^{\underline{45}}$ до $04^{\underline{45}}$ спостерігається зниження тиску до 20,5 м. Значний

перепад тиску спостерігаємо з $22^{\underline{45}}$ до $04^{\underline{45}}$. Тиск, з яким подається вода на насосні агрегати за всю добу коливається з незначною кількістю з 10,30 м до 14,80 м

Рисунок 3.8 - Схема насосної станції «Леваневська»

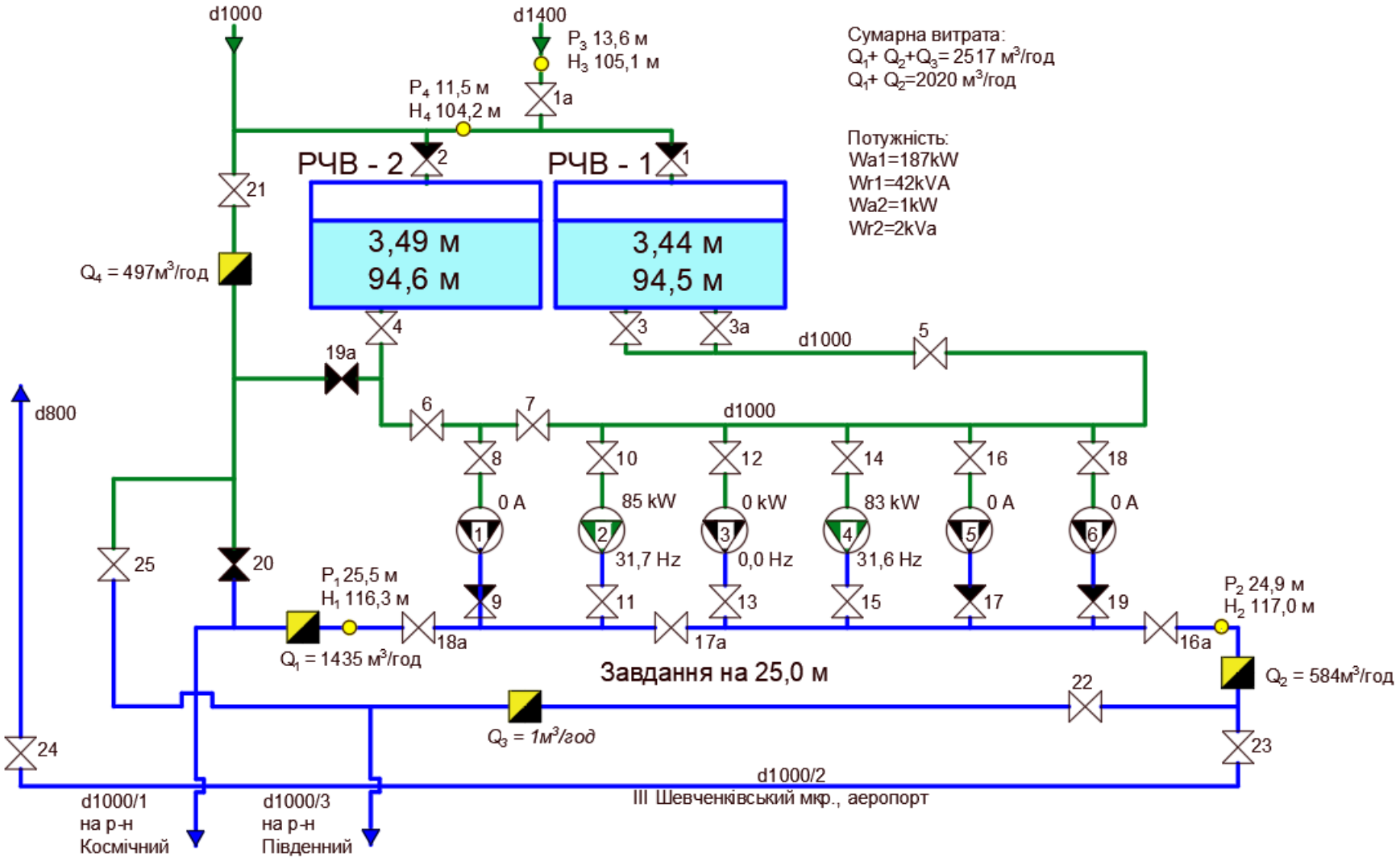
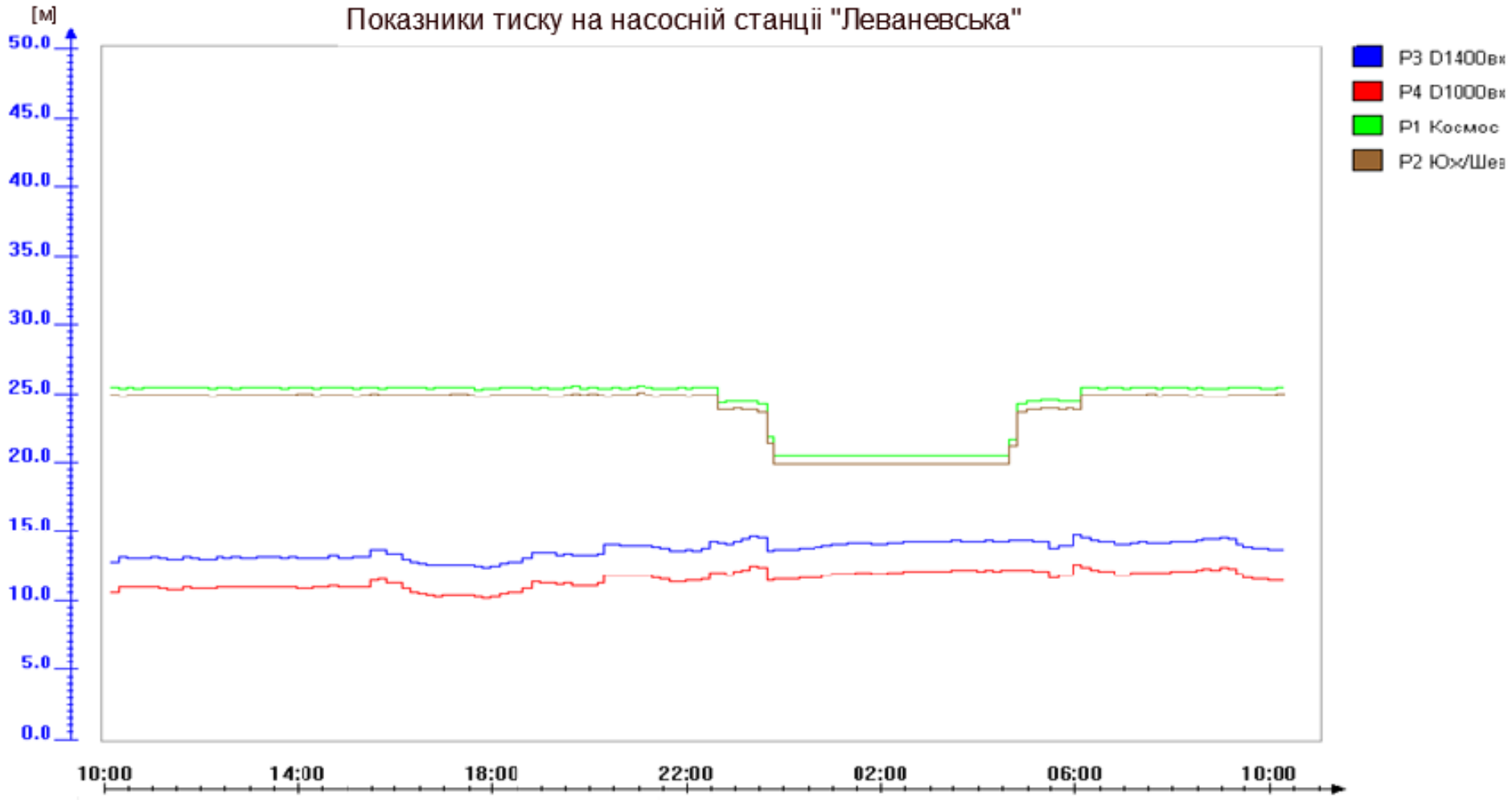


Рисунок 3.9 - Графік показників тиску на насосній станції «Леваневська» впродовж доби



3.2.2 Характеристики насосів та мережі на НС «Леваневська»

Насосна станція обладнана шістьма насосними агрегатами, беремо до уваги тільки працюючі агрегати, всі розрахунки приведені для агрегатів під номером №2 та №4 марки SDA350/450B. Характеристика насосного устаткування приведена нижче:

- марка насоса: SDA350/450B;
- номер агрегату за схемою: №2 та №4;
- інвентарний номер: №2 – 49842 та №4 – 49844;
- витрата: 2100 $м^3$/год;
- напір: 50 м.в.с;
- потужність: 331 кВт;
- коефіцієнт корисної дії (ККД): 88.5%;
- кутова швидкість: 1482 об/хв;
- дата введення в експлуатацію: 14.02.2004р;

На насосній станції в технологічному циклі працюють два паралельно увімкнені насосні агрегати. Технічні характеристики обох насосних агрегатів співпадають. До уваги беремо один з агрегатів, наприклад під номером №2.

При зміні частоти обертання робочого колеса насоса з 1482 об/хв до 713 об/хв його характеристики Q-H, Q-N, і Q-η змінюються за законом подібності:

Відповідно до завдання напір встановлений при денному режимі – 25,2 м, при нічному режимі – 20 м;

$$H_A/H_B = (n_1/n_2)^2;$$

H_A=50 м; n_1=1482 об/хв;

H_B=25,2 м; n_2=747 об/хв;

$$Q_A/Q_B = n_1/n_2;$$

Q_A=2100 $м^3$/год; n_1=1482 об/хв;

Q_B=1010 м^3/год; n_2=713 об/хв;

$N_A/N_B = (n_1/n_2)^3$;

N_A=331 кВт; n_1=1482 об/хв;

N_B=159 кВт; n_2=713 об/хв;

де Q_A, H_A, N_A - подача, напір і потужність насоса, які відповідають частоті обертання робочого колеса n_1;

Q_B, H_B, N_B – подача, напір і потужність насоса, які відповідають частоті обертання робочого колеса n_2;

Далі наведені розрахунки для денного та нічного режимів роботи насосної станції:

Вдень:

$H_A/H_B = (n_1/n_2)^2$;

H_A=50 м; n_1=1482 об/хв;

H_B=25,2 м; n_2=747 об/хв;

$Q_A/Q_B = n_1/n_2$;

Q_A=2100 м^3/год; n_1=1482 об/хв;

Q_B=917,5 м^3/год; n_2=647 об/хв;

$N_A/N_B = (n_1/n_2)^3$;

N_A=331 кВт; n_1=1482 об/хв;

N_B=145 кВт; n_2=647 об/хв;

Всі розрахунки для денного режиму роботи були прийняті станом на 12:30 денного часу доби.

Уночі:

$H_A/H_B = (n_1/n_2)^2$;

H_A=50 м; n_1=1482 об/хв;

H_B=16,5 м; n_2=489 об/хв;

$Q_A/Q_B = n_1/n_2$;

Q_A=2100 м^3/год; n_1=1482 об/хв;

Q_B=605 м^3/год; n_2=427 об/хв;

$$N_A/N_B = (n_1/n_2)^3;$$

N_A=331 кВт; n_1=1482 об/хв;

N_B=95 кВт; n_2=427 об/хв;

Всі розрахунки для нічного режиму роботи були прийняті станом на 03:30 нічного часу доби.

Розрахуємо характеристики насоса та мережі при регулюванні зміною частоти обертання робочого колеса і дроселювання.

Подача насоса, обумовлена їх перетином, дорівнює Q_a. Нехай потрібно змінити подачу насоса до величини Q_c і при цьому напір повинен бути мінімально допустимим і в процесі регулювання не знижуватися менше $H_{доп}$.

Для цього спочатку здійснюють дроселювання трубопроводу до витрати, що визначається співвідношенням за формулою 1.16:

$$Q=1010*(73-10)/(25-10+0,00069*1010^2)^{1/2}=1420 \text{ м}^3/\text{год};$$

Далі зменшуємо частоту обертання робочого колеса до значення необхідного значення за формулою 1.17:

$$n=1482*[(25*0,00069*1010^2)/73]=1002 \text{ об/хв}.$$

Для насосної станції «Леваневська» побудовані п'ять графіків насосного устаткування на яких зображено:

1-й графік характеристика насосного агрегату SDA350/450B;

2-й графік регулювання подачі зміною частоти обертання робочого колеса;

3-й графік характеристика насосного агрегату при "денному" режимі роботи насосного агрегату дані узяті станом на 12:30 денного часу;

4-й графік характеристика насосного агрегату при "нічному" режимі роботи насосного агрегату дані узяті станом на 03:30 нічного часу;

5-й графік регулювання зміною частоти обертання робочого колеса і дроселювання.

Необхідність спільного включення насосів виникає у випадках, коли один насос не може забезпечити необхідну подачу або напір, або необхідний резерв для забезпечення безперебійності подачі води.

Для збільшення подачі використовується паралельне з'єднання насосів, коли два (або більше) насосів подають воду в один трубопровід. Для визначення параметрів роботи насоса в цьому випадку будується спільна характеристика цих насосів. Вона утворюється підсумовуванням продуктивності насосів при різних напорах.

Робоча точка знаходиться в точці перетину спільного характеристики насосів і характеристики трубопроводу (точка 2). При цьому кожен з насосів працює з параметрами, відповідними власної робочої точці (точка 1) — точками 4 і 7. Для порівняння показана робоча точка 5 і параметри роботи (точки 3 і 6) при роботі на цю ж водопровідну мережу одного насоса. Аналіз характеристик показує, що при паралельній роботі двох однакових насосів їх подача збільшується, але менш ніж у два рази. Паралельну роботу насосів доцільно використовувати при пологій характеристиці трубопроводу (великому діаметрі і малій довжині).

Рисунок 3.10 - Графік характеристики насосного агрегату SDA350/450B

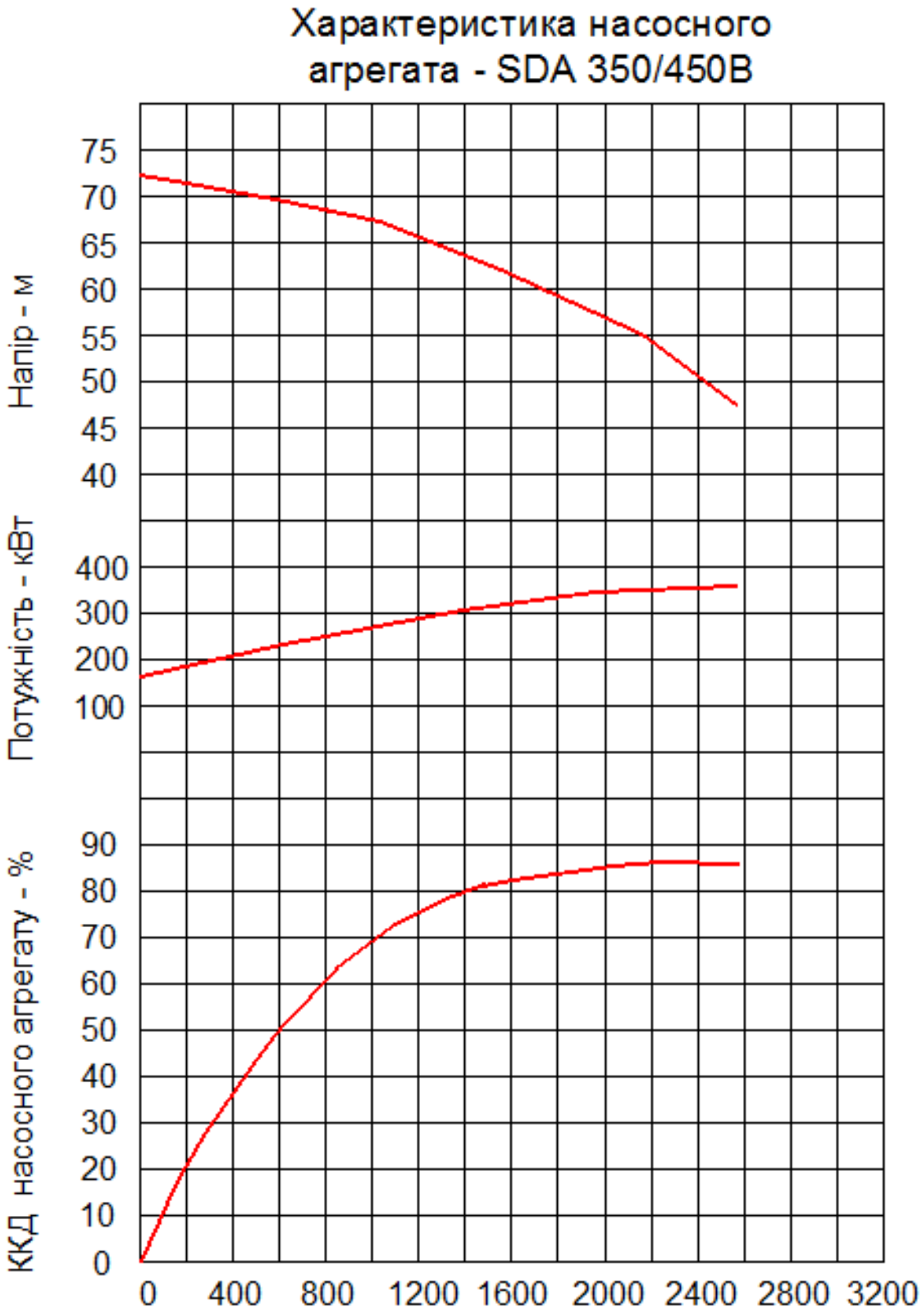


Рисунок 3.11 - Графік регулювання подачі зміною частоти обертання робочого колеса

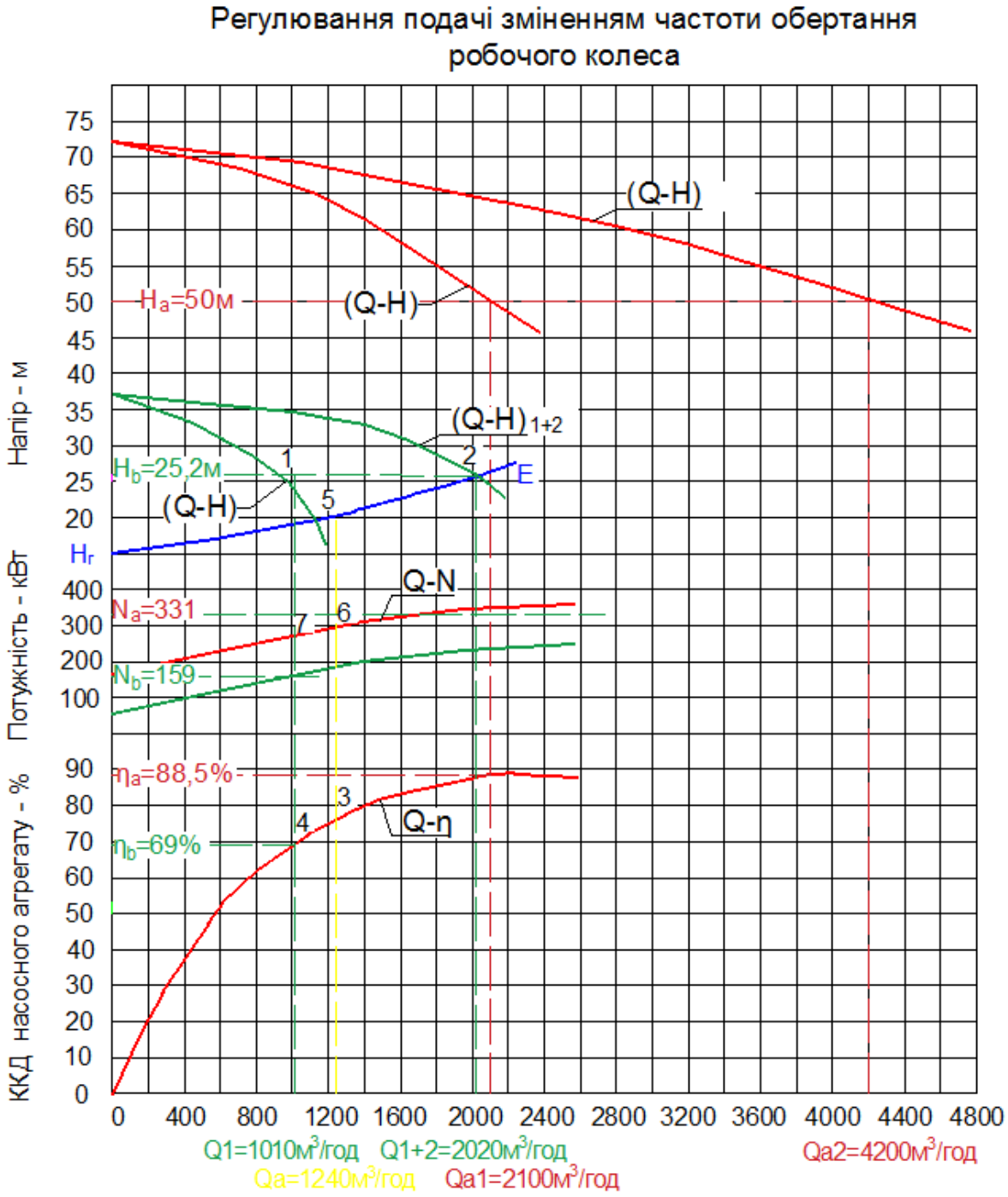


Рисунок 3.12 - Графік характеристики насосного агрегату при "денному" режимі роботи станом на 12:30 денного часу

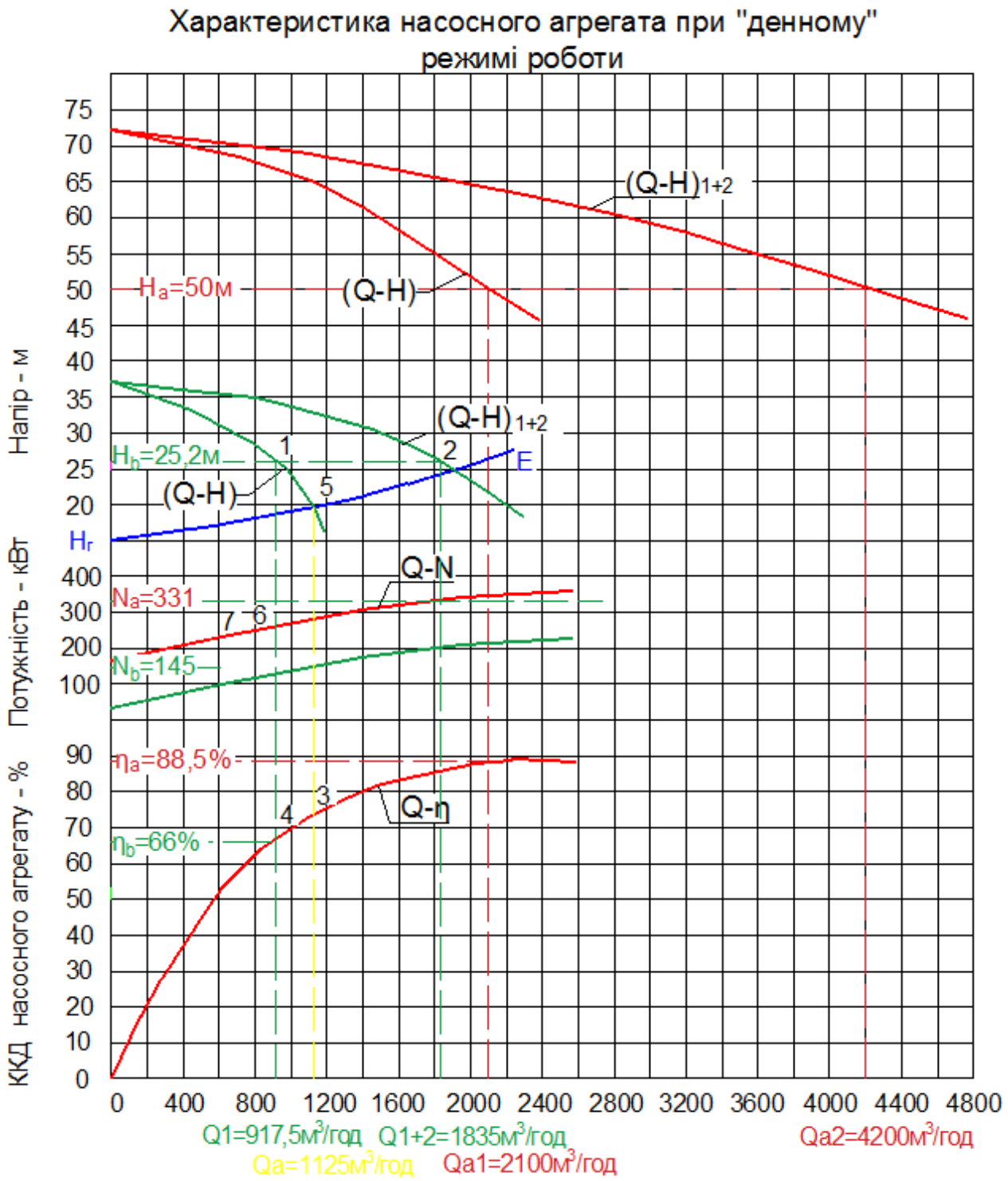


Рисунок 3.13 - Графік характеристики насосного агрегату при "нічному" режимі роботи станом на 03:30 денного часу

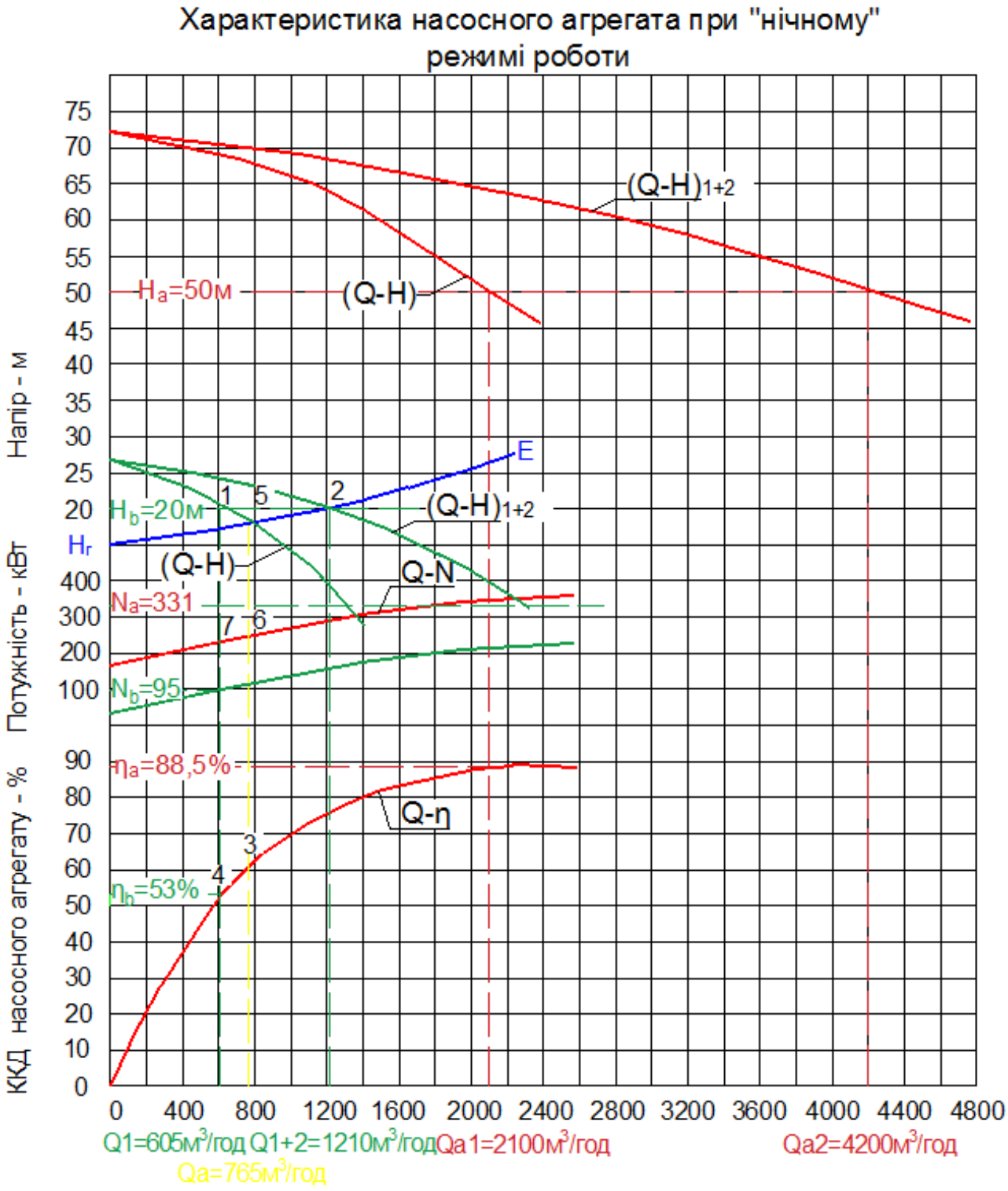
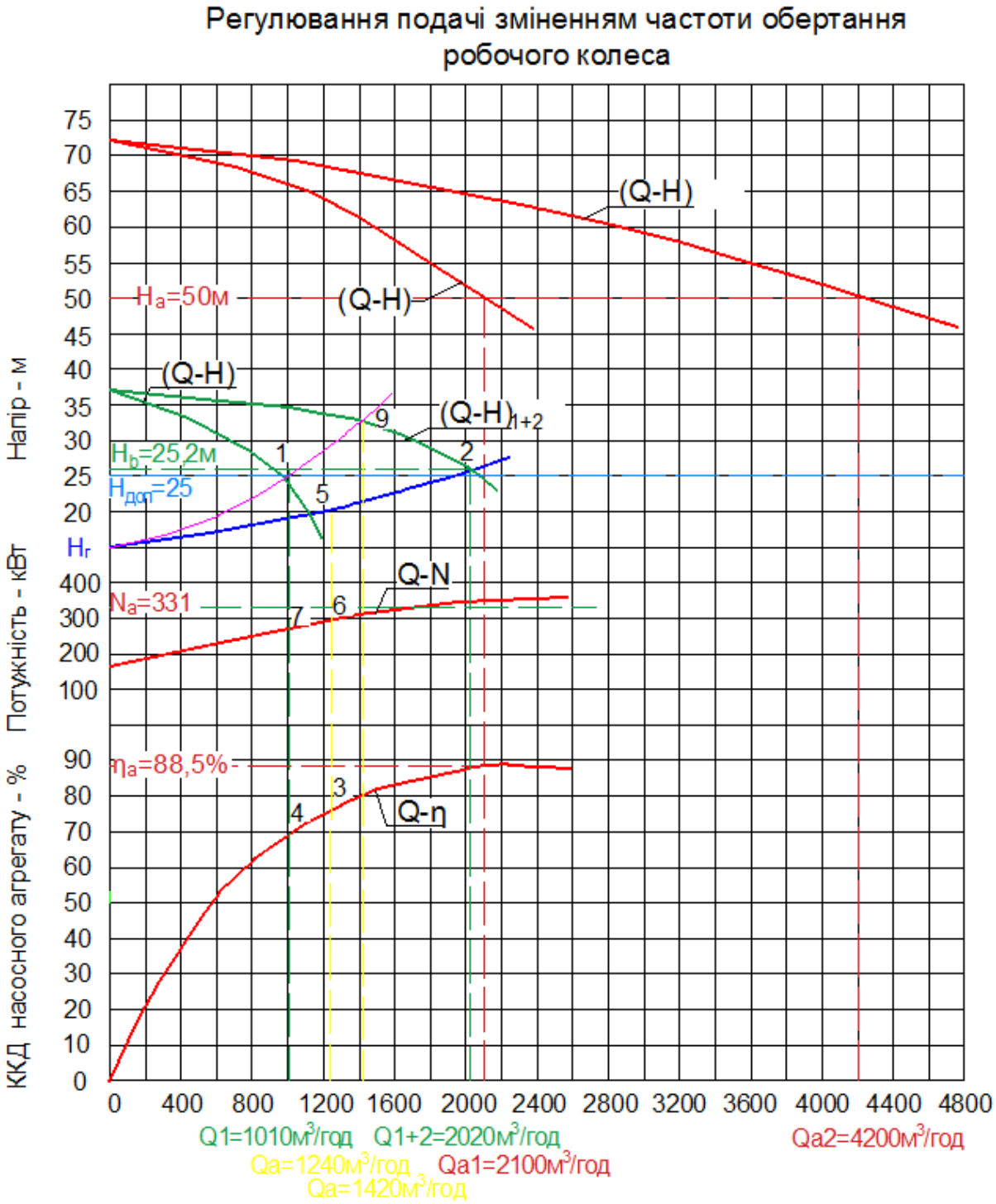


Рисунок 3.14 – Графік регулювання подачі зміною частоти обертання робочого колеса і дроселювання



3.2.3 Показники енергетичної ефективності на НС «Леваневська»

Визначаємо перевищення фактичної питомої витрати нормативного значення, якщо відомі дані:

Двигун: U=0,4 кВ; $N_{ном}$=331 кВт; cosφ=0,88; $\eta_д$=88,5%; n=1482 об/хв.

Фактичні дані: $N_{фак.д}$=145 кВт (денний режим), $N_{фак.д}$=95 кВт (нічний режим).

Насос: марка SDA350/450B; $Q_Н$=2100м^3/год; $H_Н$=50м.

За даними фактичного електроспоживання насосного агрегату, за характеристикою насоса визначаємо його робочі параметри (продуктивність Q, напір Н, ККД ηн):

Для денного режиму роботи НС: Для нічного режиму роботи НС:

$Q_Ф$=917,5м^3/год; $H_Ф$=25,2м; $\eta_Ф$=66%; $Q_Ф$=605м^3/год; $H_Ф$=20м; $\eta_Ф$=53%;

$Q_Н$=2100м^3/год; $H_Н$=50м; $\eta_Н$=88,5%; $Q_Н$=2100м^3/год; $H_Н$=50; $\eta_Н$=88,5%;

Потужність електродвигуна для насоса:

$$N\text{дв}(\text{кВт}) = \frac{K * Q * H * \gamma}{1000 * \eta\text{н} * \eta\text{пер}};$$

де К=1,1:1,4 - к-т запасу;

γ — питома вага рідини;

$\eta_н$ — ККД насоса;

$\eta_{пер}$ — ККД перетворювача частоти;

Q, м^3/с — подача рідини;

Н, м.в.ст. - висота подачі рідини;

Розрахунок для денного режиму роботи насосної станції:

$$N\text{дв}(\text{кВт}) = \frac{1{,}1 * 917{,}5 * 25{,}2 * 1}{1000 * 0{,}66 * 0{,}95} = 145\text{кВт}$$

Розрахунок для нічного режиму роботи насосної станції:

$$N\text{дв}(\text{кВт}) = \frac{1{,}1 * 605 * 20 * 1}{1000 * 0{,}53 * 0{,}95} = 95\text{кВт}$$

Електроенергія, споживана насосом:

$$W(\text{кВтч}) = \frac{Q * H * \gamma}{3600 * 102 * \eta\text{н} * \eta\text{пер} * \eta\text{дв}} * T;$$

де $\eta_{дв}$ — ККД двигуна;

Т,г — час роботи насоса за год.;

$$W(\text{кВтч}) = \frac{2200 * 25{,}5 * 1}{3600 * 102 * 0{,}875 * 0{,}95 * 0{,}64} * 24 = 7955\text{кВтч}$$

3.2.4 Висновки

1. Напір на виході з насосної станції складає в денний час 25,2 м — 50,4% від номінального. В нічний час 20 м — 40% від номінального.

2. Подача насосної станції складає в денний час 1125 м3/год — 53,57% від номінального. В нічний час 765 м3/год — 36,42% від номінального.

3. ККД насосної станції складає в денний час 66%. В нічний час складає 53%.

4. Споживання електроенергії в денний час складає 145 кВт — 43,80% від номінального. В нічний час складає 95 кВт — 28,70%.

Пропозиції:

1. Провести заміну насосних агрегатів з меншою продуктивністю.

2. Впровадити насосні агрегати для денного та нічного режимів з використанням єдиної системи управління ППЧ (послідовне переключання частоти).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

На кожному підприємстві розробляються інструкції з охорони праці відповідно до вимог Положення про розробку інструкцій з охорони праці [35].

Роботодавець зобов'язаний створити на кожному робочому місці насосної станції безпечні та відповідні санітарно–гігієнічні умови праці згідно з вимогами Державних санітарних норм і правил при виконанні робіт в невимкнених електроустановках (ДСанПіН № 198–97), Державних санітарних норм і правил при роботі з джерелами електромагнітних полів (ДСН 3.3.6.096–2002), Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (ДСН 3.3.6.037–99), Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042–99), Державних санітарних норм виробничої загальної та локальної вібрації (ДСН 3.3.6.039–99), ГОСТ 12.1.002–84 «ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах», ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования», ГОСТ 12.1.005–88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» та інших чинних санітарних норм і правил [36-43]. Повністю безпечних та нешкідливих виробничих процесів не існує. Задача охорони праці звести до мінімальної вірогідності ураження або захворювання працівника з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

В дипломному проекті було детально розглянуто насосну станцію І-го підйому 1-го блоку, з корисною продуктивністю 463,2 $м^3$/доб, призначення якої подача води на очисні споруди. здійснює підйом води з річки Дніпро до відстійників очисних споруд попереднього очищення, звідки потім вона надходить на швидкі фільтри.

У машинному залі встановленні насосні агрегати № 1, 2, 3 марки 20 НДВС, № 4 – марки 12 НДС, №1а – марки 20 НДС. На даний час підйом води здійснюється насосними агрегатами №4 типу 12 НДС (основний) та №1а типу 20 НДС (для попереднього регулювання напору). Регулювання роботи насосної станції–І підйому блока1 виконується методом дроселювання засувкою після насосного агрегату №1а. приміщенні шахти встановлена місцева витяжна вентиляція. Вентиляція забезпечує відповідність повітря робочої зони вимогам діючих нормативних документів.

4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища насосної станції І підйому

Під час виконання робіт з експлуатації насосних станцій на працівників можуть впливати такі основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники відповідно до ГОСТ 12.0.001–82 та ГОСТ 12.0.003–74 (ССБТ "Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація") [44,45]:

а) фізичні:

- машини і механізми, що рухаються (вантажопідйомні крани);
- рухомі частини виробничого обладнання (вали електродвигунів і насосів);
- підвищена вологість повітря (розташування об’єкту – біля річки, постійна робота виробничого обладнання з водою);
- знижена температура повітря робочої зони, поверхні обладнання, трубопроводів (температура води, яка транспортується по виробничому устаткування в холодну пору року – низька);
- підвищений рівень шуму на робочих місцях (шум від насосів, електродвигунів);

- підвищений рівень вібрації на робочих місцях (в машинних залах ВНС та в інших приміщеннях і спорудах, де встановлено технологічне устаткування);
- підвищена рухливість повітря (приміщення насосної станції має дуже погану герметизацію – вікна, двері, отвори під трубопроводи);
- підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини (внаслідок використання двигунів та електричних установок);
- недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;

б) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (статичні й динамічні);
- нервово–психічні перевантаження (емоційні перевантаження).

При виникненні на насосній станції біологічно небезпечних факторів, до яких відносяться патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети) і продукти їх життєдіяльності, можливе зараження великої кількості людей, тому приміщення насосної станції повинні знаходитися під санітарним контролем.

У разі виникнення аварійної ситуації при експлуатації насосної станції слід:

- припинити роботу насосної станції;
- вжити заходів щодо попередження загрози життю та здоров'ю оточуючих;
- залишити небезпечну зону і сповістити про випадок керівництво та, за необхідності, відповідні служби, формування;
- не дозволяти стороннім особам перебувати в небезпечній зоні;
- вжити заходів щодо ліквідації аварійної ситуації, якщо це можливо.

4.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

Територія ВНС огороджена, упорядкована, забезпечена зовнішнім освітленням. До всіх споруд організовано безпечний доступ як у нормативних умовах експлуатації, так і у випадках занесення споруд снігом або їх затоплення.

Заглиблені приміщення сполучаються з наземними частинами і виходами з будівель по відкритих драбинах шириною не менше 0,7м з кутом нахилу не більше 45 градусів. Для приміщень завдовжки 12м і менше допускається кут нахилу драбин не більше 60 градусів.

Ширина робочих проходів, розташованих на висоті 0,8м над підлогою, або майданчиків для обслуговування ємностей складає не менше 0,6 м. Проходи і майданчики захищені на висоту не менше 1 м із зашиванням знизу на висоту 0,1м.

Висота приміщень від підлоги до низу виступаючих конструкцій перекриття є не менше 2,2м. Висота приміщень від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і устаткування в місцях регулярного проходу людей є не менше 2м. Ширина проходів складає не менше 1м, коридорів – 1,4м, дверей 0,8м, сходових маршів і майданчиків -1,05м.

У насосних станціях при висоті агрегатів і електроприводів засувок більше 1,4м від підлоги передбачено майданчики, містки або розширення фундаменту для їх обслуговування з огорожами.

Мінімальна ширина проходів між нерухомими виступаючими частинами устаткування складає: 1м між агрегатами при установці електродвигунів з напругою до 1000В; 1,2м – з напругою більше 1000В; 0,7 м між агрегатами і стіною в шахтних станціях; 1м – в інших станціях; 1,5м між компресорами; 2м-перед розподільчим щитом; 0,7м між нерухомими виступаючими частинами устаткування.

Експлуатація насосних станцій, проведення ремонтних або аварійних робіт організовуються відповідно до вимог Правил технічної експлуатації систем водопостачання.

Категорично заборонено знімати запобіжні кожухи та інші захисні пристрої під час роботи насосних агрегатів, користуватися для освітлення факелами, ремонтувати агрегати під час роботи і гальмувати вручну рухом їх частини.

При ремонтах будь-яких агрегатів знеструмлюється устаткування, вживаються необхідні заходи проти їх мимовільного пуску і вивішуються застережливі плакати.

Перед пуском агрегатів черговий машиніст переконується у справності всіх частин та запобіжних пристроїв. Про несправності робиться запис в оперативному журналі.

Керівництву підприємств, які здійснюють роботи на об'єктах водопровідно–каналізаційного господарства, в даному випадку на насосній станції, для поліпшення умов роботи працівників необхідно:

- забезпечити отримання дозволів та подати декларацію на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки;
- чітко розподілити функції, обов'язки, відповідальність інженерно–технічних працівників та обслуговуючого персоналу щодо експлуатації, ремонту, обслуговування технологічного устаткування та обладнання з відображенням в посадових інструкціях;
- здійснювати контроль за своєчасним проведенням інструктажу робітникам на робочому місці;
- здійснювати контроль стосовно проведення щорічного навчання з питань охорони праці та безпечного виконання робіт підвищеної небезпеки для працівників, залучених до виконання вказаних робіт;
- забезпечити в повній мірі та відповідно до норм видачу спецодягу, засобів індивідуального захисту;

- забезпечити постійний контроль повітряного середовища під час виконання газонебезпечних робіт, обмежити виконання цих робіт в разі високих температур повітря тощо;
- в справному стані утримувати вентиляційні системи і технологічне обладнання;
- проводити обстеження інструментів та засобів, які використовується в процесі роботи.

Всі насосні станції обов'язково укомплектовані протипожежними засобами та засобами індивідуального захисту згідно норм та опису.

Відповідними спеціалістами дільниці постійно проводиться оновлення оперативно–технічної та наглядної документації, інформаційних стендів.

4.3 Виробнича санітарія

Санітарія – це сукупність практичних заходів, спрямованих на оздоровлення середовища, що оточує людину.

Виробнича санітарія – це галузь санітарії. спрямована на впровадження комплексу санітарно–оздоровчих заходів щодо створення здорових і безпечних умов праці на виробництві.

Згідно ДСТУ 2293–99 (п. 4.60) виробнича санітарія – це система організаційних, гігієнічних й санітарно–технічних заходів та засобів запобігання впливу на працівників шкідливих виробничих факторів [46].

Сфера дії виробничої санітарії – запобігання професійної небезпеки (шкідливості) яка може призвести до професійних або професійно обумовлених захворювань у тому числі та смертельних при дії в процесі роботи таких факторів як випромінювання електромагнітних полів, іонізуючого випромінювання, шумів, вібрацій, хімічних речовин, зниженої температури, тощо.

4.3.1 Освітлення

Одним із суттєвих чинників виробничого середовища є світло, завдяки якому забезпечується зоровий зв'язок працівника з його оточенням. Правильно організоване освітлення позитивно впливає на діяльність центральної нервової системи, знижує енерговитрати організму на виконання певної роботи, що сприяє підвищенню працездатності людини, продуктивності праці і якості продукції, а також зниженню виробничого травматизму і т. ін.

Освітленість приміщень насосної станції повинна відповідати виду виконуваних робіт:

- в приміщенні з пультом управління – зорової роботі середньої точності;
- в інших приміщеннях – малої точності.

Для досягнення необхідного рівня освітлення ВНС суміщується природне і штучне освітлення. Природне освітлення передбачено бічне - через отвори в зовнішніх стінах приміщення. Коефіцієнт природної освітленості % КЕО=1,15.

Нормування рівнів виробничого освітлення здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.5–28–2006 «Природне та штучне освітлення. Нормування». [47].

Згідно з ДБН В.2.5–28–2006 в основу нормування освітлення виробничих приміщень промислових підприємств покладена залежність необхідного рівня освітлення від характеристики, розряду та під розряду зорової роботи, що визначаються найменшим або еквівалентним розміром об'єкта розрізнення, контрастом між об'єктом розрізнення і фоном, та характеристикою фона, а також залежність від системи освітлення у робочому приміщені (природне, суміщене, бокове, верхнє, загальне, комбіноване) [47].

Робота насосної установки повністю автоматизована, тому участь людини (оператора) в управлінні насосної установкою зводиться до спостереження за світловою індикацією пульта управління і управління установкою (в разі необхідності) за допомогою пульта ручного керування.

Для виробничих приміщень згідно ДБН В.2.5–28–2006 визначено всього вісім розрядів зорової роботи. Нормативи освітленості на робочих місцях в насосній станції наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормативи освітленості на робочих місцях

Характеристика зорової роботи	Мінімальний розмір об'єкта	Розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фона	Штучне освітлення, лк	Природне освітлення КЕО, %	Сумісне освітлення, КЕО,%
Середньої точності	0,5–1,0	IVв	середній	середній	400	4	2,4
Малої точності	1,0–5,0	Vв	середній	середній	400	3	1,8

Штучне освітлення використовується у всіх виробничих та допоміжних приміщеннях насосної станції, а також на відкритих робочих ділянках, місцях проходу людей та руху транспорту.

На ВНС передбачені наступні значення висвітлення:

- при періодичному спостереженні за виробничим процесом - 50 лк;

- для допоміжних приміщень – 6 лк

а) здравпункт -200 лк;

б) гардероб - 75 лк;

в) душові - 50 лк;

г) панелі приладів - 300лк.

В проходах аварійне освітлення складає 0,5-1 лк.

4.3.2 Опалення та вентиляція

Вентиляція та опалення насосної станції – виконує функцію регулювання внутрішньої температури і вологості станції, забезпечує збереження від перегріву та переохолодження основного обладнання.

Для підтримки необхідної температури повітря в холодний період року в приміщеннях +18° С, передбачена тупикова однотрубна система опалювання.

Таблиця 4.2 Санітарні норми мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, ^{0}С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постій-них і непостій-них, не більш	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постій-них і непос-тійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних				
Холод-ний	Середньої важкості II-б	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більше 0
Теплий		20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при25^{0}С)	0,3	0,2-0,5

Враховуючи, що при обслуговуванні обладнання, роботи, виконувані персоналом, зазвичай відносять до категорії 2б (роботи середньої тяжкості) параметри мікроклімату повинні знаходитися в наступних межах:

Температура = 21 ^{0}С.

Відносна вологість - до 75%

Швидкість руху повітря - до 0,4 м / с.

Основними параметрами при розрахунках провітрювання для насосних станцій є: швидкість руху повітряного потоку, температура і вологість повітря в приміщенні станції. Підбір обладнання здійснюється виходячи з його продуктивності, завдання якого підтримувати необхідні температури та вологості показники. Відповідно до вимог виробників обладнання, вентиляція насосної станції повинна підтримувати в машинному приміщенні температуру повітря в межах від + 5С ° до +35 С °.

Механічна вентиляція – вентиляція, за допомогою якої повітря подається в приміщення чи видаляється з них з використанням механічних побудників руху повітря, називається механічною вентиляцією.

Якщо система механічної вентиляції призначена для подачі повітря, то вона називається припливною (рис. 4.1, а), якщо ж вона призначена для видалення повітря – витяжною (рис. 4.1, 6). Можлива організація повітрообміну з одночасною подачею та видаленням повітря – припливно–витяжна вентиляція (рис. 4.1, в).

Розрахунок площі повітропроводів, розташування і продуктивності вентиляційного устаткування (у разі застосування примусової вентиляційної системи) проводиться з розрахунку тепловиділення перекачує і допоміжного обладнання, а також призначення приміщень для роботи обслуговуючого

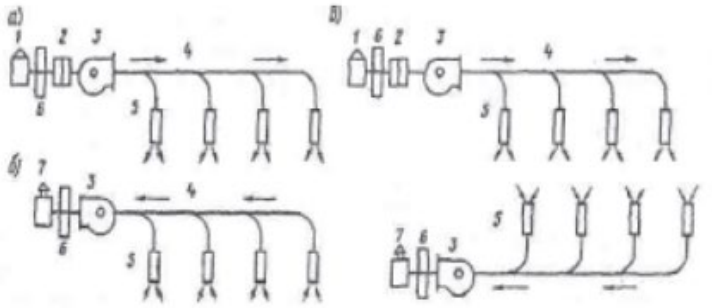


Рис. 7.3 - Схеми механічної вентиляції:
а - припливна; б - витяжна; в - припливно-витяжна; 1 - повітрозабірний пристрій; 2 - повітронагрівач та зволожувач; 3 - вентилятор; 4 - магістральні повітроводи; 5 - насадки для регулювання припливу та забору повітря; 6 - очищувач; 7 - шахта для викиду забрудненого повітря

Рисунок 4.1 – Схема механічної вентиляції

персоналу станції: машинний зал, насосні та акумуляторні, роздягальні, кабінети, пункти зв'язку, управління [48-50].

Необхідний повітрообмін машинних залів наведено у табл.4.3 .

Таблиця 4.3 – Необхідний повітрообмін машинних залів

Приміщення	Температура повітря для систем опалення	Кратність повітрообміну, г		Група санітарних характеристик виробничих процесів
		приток	витяжка	
Машинні зали водозабірних споруд	5	1	1	І–б
Машинні зали насосних станцій	5	За розрахунком тепловиділення		І–б

4.3.3 Шум і вібрація

Шум – це хаотичне сполучення звуків різної частоти та інтенсивності, які знаходяться в межах чутливості органів слуху людини щодо частотного діапазону. Що стосується ультра– та інфразвуку, які теж вважаються звуковими коливаннями, то вони, на відміну від шуму, виходять за межі чутливості органів слуху людини за своїм частотним діапазоном.

Шум один з основних шкідливих факторів в умовах виробництва на насосній станції. Насосні установки є джерелами шуму.

Шум негативно впливає на здоров'я людини, усилює стомлюваність працюючого, сприяючи тим самим виникненню травм і помилок в роботі, а також зниженню працездатності людини.

Санітарно–гігієнічне нормування, контроль та вимірювання шумів здійснюється у відповідності до ДСН 3.3.6–037–99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [38].

Шкідливість шуму як фактора виробничого середовища і середовища життєдіяльності людини приводить до необхідності обмежувати його рівні.

Санітарно–гігієнічне нормування та вимірювання шумів здійснюється методом граничних спектрів (ГС) та методом рівня звуку.

Метод граничних спектрів, який застосовують для нормування, контролю та вимірювання постійного шуму, передбачає обмеження рівнів звукового тиску в октавних смугах частот із середньо геометричними значеннями 31.5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 і 8000 Гц.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот і рівнів звуку на робочих місцях наведені в таблиці 4.4 відповідно до ДСН 3.3.6–037–99 [38].

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах зі середньо геометричними частотами, Гц									Рівні шума, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постійні робочі місця	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Вібрацією називають будь–які механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем, які проявляються у їх переміщенні є просторі або в змінні їх форми. Джерелами вібрації на насосній станції є електродвигуни, насоси, трансформатори, різноманітні технологічні

процеси, допоміжні механізми, вентилятори, компреси і т. ін. З фізичної точки зору немає принципової різниці між вібрацією та шумом. Різниця полягає у сприйнятті цих явищ людиною. Шум ми сприймаємо органами слуху, а вібрацію – тактильна, через шкіру, або всім тілом завдяки вестибулярному апарату. Для людини вібрація є видом механічного впливу, який має для її здоров'я досить негативні наслідки.

Джерела шуму та вібрації у насосній станції мають механічне та електромагнітне походження. Старе насосне обладнання під час експлуатації втратило низку своїх властивостей:

- змащування між деталями обладнання;
- стерті обертові лопаті, підшипники насосних агрегатів;
- погіршення властивості віброізоляції для фундаменту;
- зменшення коефіцієнту корисної дії насоса електродвигуна, а отже зростання перемінного та електричного поля.

За рахунок заміни старого насосного обладнання у прибудові на нове загальний рівень шуму у цьому приміщенні знизиться. Нові насосні агрегати мають більш лінійну та злагоджену роботу за рахунок сучасних технологій. Улаштування нового фундаменту з віброізоляцією під нові насосні агрегати допоможе знизити загальний рівень вібрації у прибудові.

Заходи щодо зниження шуму в робочій зоні:

- вибір обладнання з мінімальними шумовими характеристиками;
- своєчасний профілактичний ремонт і обслуговування устаткування;
- дистанційне керування шумним устаткуванням;
- використання звукопоглинаючих і відображають матеріалів (штукатурки, пористий цегла, деревина, пінопласт, гіпсові матеріали);
- звукоізоляційні кабіни та екрани;
- медико-профілактичні:
    а) навушники (понад 95 дБА);
    б) шлемофон (понад 120 дБА);

в) біруши (знижують рівень шуму на 10-15 дБА)

4.3.4 Електробезпека

Під час експлуатації виробничого устаткування повинні виконуватися вимоги, викладені в документації з експлуатації електротехнічних установок, гідротехнічного та гідромеханічного обладнання насосних станцій.

Насосні агрегати, комунікації, апаратура повинні бути промарковані і забезпечені технічними даними, схемами із зазначенням призначення і діаметра трубопроводу. На засувці повинні бути нанесені номери за схемою комунікацій і стрілки з вказівкою напрямку обертання. Труби, прокладені через стіни насосної станції в спеціальні отвори, повинні бути захищені кожухами.

До оперативного обслуговування електроустановок насосних станцій допускаються працівники, які знають оперативні схеми, посадові та експлуатаційні інструкції, інструкції з охорони праці, особливості обладнання та які пройшли навчання і перевірку знань на підприємстві відповідно до пункту 2.1 розділу 2 НПАОП 40.1–1.21–98 [51].

Працівники, що обслуговують електроустановки насосних станцій одноосібно, та старші в зміні або бригаді оперативні працівники, за якими закріплено електроустановки, повинні мати групу з електробезпеки IV — в електроустановках з напругою понад 1000 В і III — в електроустановках з напругою до 1000 В.

Список осіб з адміністративно-технічного персоналу, яким дозволено одноосібний огляд електроустановок, складає посадова особа, відповідальна за електрогосподарство насосної станції, і затверджує керівник підприємства або власник насосної станції.

Під час огляду розподільчого устаткування, щитів, шинопроводів, збірок напругою до та понад 1000 В необхідно дотримуватися правил безпеки. При цьому забороняється:

- знімати попереджувальні плакати, огородження або бар’єри, проникати за них;
- торкатися струмовідних частин, обтирати і чистити їх;
- виконувати будь–яку роботу, усувати виявлені несправності;
- входити до шаф закритих розподільчих устаткувань з напругою понад 1000 В. Такі шафи слід оглядати з порога або стоячи перед бар’єром.

Двері приміщень електроустановок (щитів, збірок тощо) повинні бути постійно замкнені на замок.

Для кожного приміщення електроустановок повинно бути не менше двох комплектів ключів, один з яких є запасним. Ключі повинні бути пронумеровані й зберігатись у чергового працівника, який під час свого чергування на зміні видає їх під розписку особам, яким дозволено огляд електроустановок, виконання робіт на електроустановках за нарядом–допуском або розпорядженням.

У приміщенні чергових працівників, які обслуговують електроустановки, повинні бути вивішені правила надання першої допомоги потерпілим від електричного струму та у разі інших нещасних випадків.

Заземлення струмовідних частин проводиться з метою захисту працівників від ураження електричним струмом у випадку помилкової подачі напруги до місця роботи.

Заземлювальні пристрої електроустановок повинні відповідати вимогам забезпечення захисту людей від ураження електричним струмом, захисту електроустановок, а також забезпечення експлуатаційних режимів роботи.

Усі металеві частини електроустановок та електрообладнання, на яких може виникнути напруга внаслідок порушення ізоляції, повинні бути заземлені або зануленні.

На кожний заземлювальний пристрій, що знаходиться в експлуатації, повинен бути паспорт, який містить:

а) дату введення в експлуатацію;

б) виконавчу схему заземлення;

в) основні технічні характеристики;

г) дані про результати перевірок стану пристрою;

д) відомість оглядів і виявлених дефектів;

е) характер ремонтів і змін, внесених у цей пристрій

4.4 Пожежна безпека

Основні завдання пожежної безпеки вирішуються в процесі проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд. Вони зводяться до комплексу профілактичних заходів, спрямованих на попередження пожеж, обмеження сфери розповсюдження вогню в разі загоряння, створення умов для евакуації людей і матеріальних цінностей з палаючого будинку, а також для дій підрозділів пожежної охорони з гасіння пожеж.

Насосні станції повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні (НАПБ А.01.001–2004) і Правилами пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України (НАПБ В.01.034–2005/111) [52.53].

Працівники, які перебувають у цих приміщеннях, повинні бути навчені відповідним діям у разі виникнення пожежі, правилам користування первинними засобами пожежогасіння.

Заходи протипожежної безпеки:

– Встановлення вогнегасників:

  а) пінні та водні вогнегасники місткістю 10 л – в кількості одна одиниця;

  б) порошкові вогнегасники місткістю, 5 л – в кількості дві одиниці.

- Бочки для зберігання води для цілей пожежогасінні повинні мати місткість не менше 0,2 м^3 і бути укомплектовані пожежним відром, місткістю не менше 0,008 м^3.
- Пожежні загородки (стенди) встановлюються на території об'єкту з розрахунку одна загородка (стенд) на площу до 5000 м^2.

В комплект засобів пожежогасіння, слід включати: вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу теплоізоляції або з повсті розміром до 2×2 м - 1 шт., ломи - 2 шт., багри - 3 шт., сокири - 2 шт., лопати - 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5; 1,0 або 3,0 м3 і бути укомплектовані совковою лопатою.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно:

- експлуатувати електронасоси, електромережі, електроприлади та іншу електроапаратуру тільки в технічно справному стані, враховуючи рекомендації підприємств-виробників;
- в разі виявлення пошкоджень електромереж, вимикачів, розеток, інших електроприладів негайно знеструмити (відключити) їх і прийняти необхідних заходів до приведення їх у пожежобезпечний стан;
- меблі та обладнання розміщувати так, щоб евакуаційний прохід до виходу з приміщення був вільний і становив не менше 1,35 м ;
- евакуаційні шляхи і виходи повинні постійно утримуватися вільними, нічим не захаращуватися;
- містити в технічно справному стані первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники);
- всі працівники повинні вміти користуватися вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння, знати місця їх знаходження.

У приміщеннях насосної станції заборонено:

- влаштовувати тимчасові електромережі, прокладати електропроводи і кабелі безпосередньо на горючій основі;

- застосовувати саморобні некалібровані плавкі вставки в запобіжниках, прокладати електричні дроти та кабелі транзитом через суміжні приміщення, експлуатувати світильники без скляних ковпаків;
- підключати струмоприймачі в мережі аварійного (евакуаційного) освітлення;
- користуватися в приміщеннях електрокип'ятильник, чайниками, тепловентиляторами та іншими обігрівальними приладами;

В насосних установках можуть застосовуватися відкриті або захищені електродвигуни, які повинні бути заземлені, а також мати захист від струмів перевантаження і підвищення температури.

Експлуатацію електротехнічного устаткування, гідротехнічного та гідромеханічного обладнання насосної станції без пристроїв, які забезпечують дотримання встановлених санітарних норм, або з несправними пристроями, які не забезпечують дотримання цих норм і вимог, заборонено.

У разі виявлення пожежі (ознак горіння) кожний працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це в державну пожежну охорону (номер телефону для виклику пожежної охорони «101»), при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище;
- повідомити про пожежу адміністрацію ДВС-І;
- в разі необхідності викликати інші служби (медичну «103», поліцію «102»);
- прийняти (по можливості) заходів щодо евакуації людей і збереження матеріальних цінностей, гасіння пожежі з використанням вогнегасників та інших засобів пожежогасіння.

4.5 Засоби індивідуального захисту

Усі посадові особи та інші працівники при прийнятті на роботу і в процесі роботи повинні пройти на підприємстві навчання та перевірку знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки у разі виникнення аварій відповідно до вимог Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00–4.12–05), перевірку знань з питань пожежної безпеки [54-55].

Працівники, які здійснюють технічну експлуатацію насосних станцій, забезпечуються спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту відповідно до Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам водного господарства (НПАОП 0.00–3.08–09) [56].

Обслуговування агрегатів і устаткування з елементами, що обертаються, проводиться робочими, одягненими в спецодяг, жінки працюють в комбінезонах або брюках.

Спецодяг обслуговуючого персоналу, що контактує із стічною рідиною або сміттям, перуть і дезінфікують кожного тижня.

Для проведення робіт на ВНС обслуговуючий персонал отримує такий спецодяг:

- костюм бавовняний;
- рукавиці бавовняні;
- черевики кирзові;
- рукавички гумові;
- взуття спеціальне;
- куртка ватна.

Черговий комплект: рукавички діелектричні -2 пари.

Додатково видаються : чоботи гумові чергові – по 1 парі, плащ прогумлений черговий – по 1 шт.

Для захисту від шуму використовуються заглушки, протиповітряні навушники, маски або тампони зі стерилізованої вати.

Під час виконання технологічних процесів передбачаються:

- захист працівників від впливу на них небезпечних і шкідливих факторів шляхом застосування засобів колективного та індивідуального захисту;
- своєчасне одержання інформації про виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на окремих технологічних операціях;
- система контролю і керування технологічним процесом, що забезпечує захист працівників і аварійне вимкнення виробничого обладнання.

Під час ремонту, обслуговування або оперативного переключення в електроустановках насосних станцій як додатковий електрозахисний засіб необхідно застосовувати гумові діелектричні килими та ізолювальні підставки.

Електрозахисні засоби повинні використовуватися за їх прямим призначенням під час роботи з електроустаткуванням з напругою, що не перевищує ту, на яку розраховані ці засоби. Працівники, які одержали засоби захисту для користування, відповідають за їх правильну експлуатацію.

Перед застосуванням засобу захисту працівник зобов’язаний перевірити його справність, переконатися у відсутності зовнішніх пошкоджень, очистити та обтерти від пилу, перевірити за штампом термін придатності.

Засоби захисту, що перебувають в експлуатації, розміщують у спеціально відведених місцях біля входу до приміщення, а також на щитах керування. У місцях зберігання повинен знаходитися перелік засобів захисту.

Місця зберігання повинні бути обладнаними гачками або кронштейнами, а також шафами і стелажами.

Засоби індивідуального захисту, пристрої та інструмент, що застосовуються для обслуговування електроустановок, гідромеханічного обладнання, будівель і споруд, повинні підлягати огляду і випробуванням згідно з чинними нормативними документами.

Засоби захисту, які не витримали випробувань, підлягають вилученню.

ВИСНОВКИ

Метою роботи було вдосконалення роботи насосного обладнання на основні впровадження напівпровідникових перетворювачів частоти обертання вала електродвигунів.

Для досягнення вказаної мети було:

- досліджено структуру енерговитрат у житлово-комунальному господарстві;
- проаналізовано принцип роботи «насосне обладнання – водопровідна мережа»;
- досліджено вплив напівпровідникових перетворювачів частоти обертання вала двигунів на роботи насосів;
- розраховано економії електроенергії насосної станції при встановлені напівпровідникових перетворювачів частоти.

Застосування перетворювачів частоти для електродвигунів насосів у системах водопостачання одним з найбільш поширених способів оптимізації роботи обладнання. Саме за допомогою перетворювачів зменшують енергоспоживання в моменти знижених витрат води і запобігають надлишковому тиску в системі, що є причиною виникнення аварійних ситуацій, підтримують постійні значення тиску.

Застосування перетворювачів частоти струму для приводних електродвигунів насосних агрегатів дозволяє в широких межах змінювати їх частоту обертання, чим забезпечується регулювання режимів роботи систем «водопровідна мережа – насосне обладнання»:

- підвищують коефіцієнт корисної дії насосних агрегатів,
- ліквідують пагубний вплив пускових токів;
- підвищують енергоефективність системи;
- зменшують витрату електроенергії.
- зниження аварійності в системах;

– збільшення в 3–10 разів електричного і механічного ресурсу насосів, електродвигунів, апаратури, обладнання;
– збільшення надійності системи, за рахунок усунення людського фактора;
– підтримання точного тиску і витрати, при цьому знижуючи витоку в системі і енергоспоживання

У зв'язку з цим з'являються нові технічні можливості і технологічні рішення щодо зниження нерівномірності режимів роботи насосних агрегатів у водопровідно–комунальному господарстві з підвищенням їх енергетичної ефективності.

Насосні станція – I блока 1 включає в себе два машинні зали з основним обладнанням, які знаходяться у різних будівлях – старій та новій (прибудові). Її основне насосне обладнання наведено на рис.4.2.

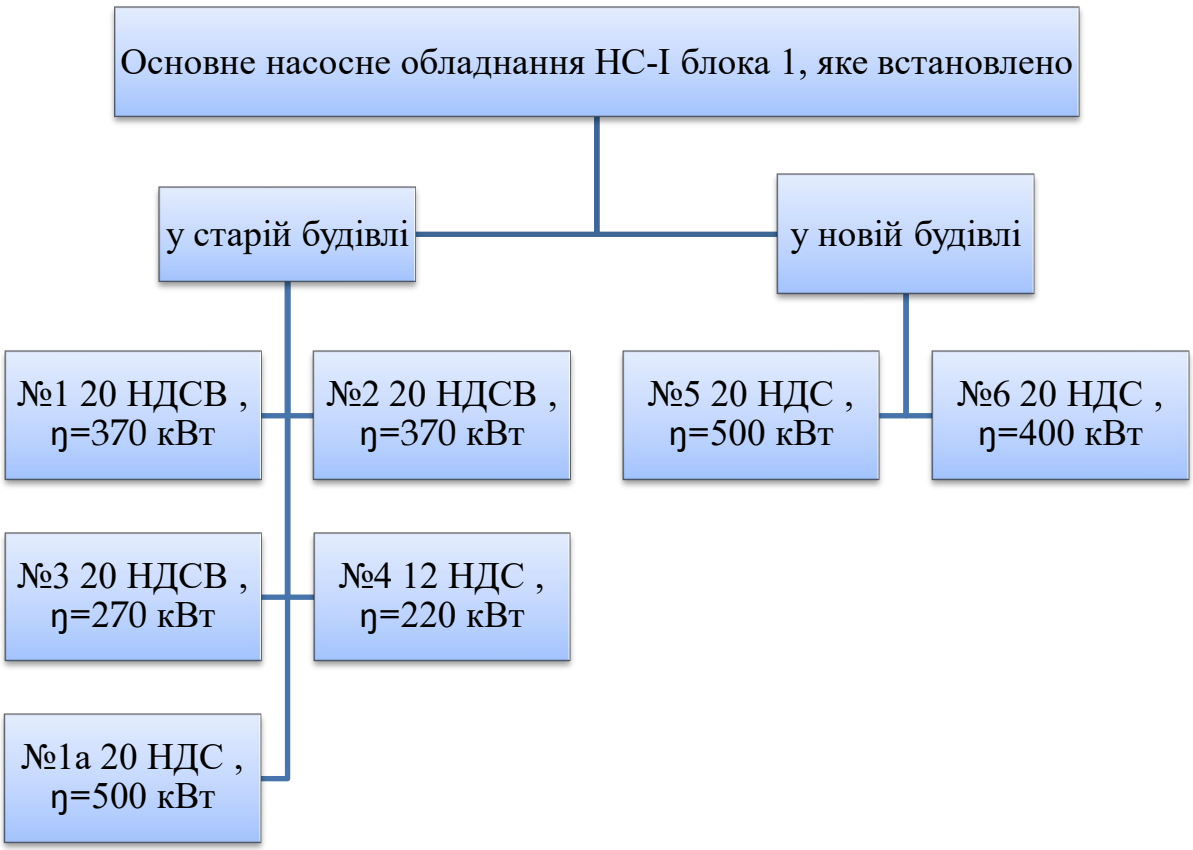


Рисунок 5.1 - основне насосне обладнання насосної станції-I блока 1

Реконструкція насосної станції – І підйому блока 1 складалась з:

1) заміни насосних агрегатів №5 та №6 марки 20 НДС (напруга двигуна 6000В) DHV.500–510PA+315kW–6p (№5') та DHV.500–510RA+250kW–6p (№6') (напруга двигуна 400 В) виробництва Польщі «Hydro-vacuum»;
2) нові насосні агрегати обладнано напівпровідниковим перетворювачем частоти обертання вала двигунів «Danfoss» для плавного та економічного управління їх роботою, а також для автоматизації роботи ДВС–1;
3) насосний агрегат №1а марки 12НДС переведено у резерв.

Річна витрата електроенергії на насосній станції-І підйому блока 1 до реконструкції склала 16 556 400 кВтгод/рік, а після реконструкції 8 449 390 кВтгод/рік. Отримані дані свідчать про економію витрати електроенергії у 8 057 010 кВтгод/рік (46,87%), з них 742 410 кВтгод/рік зекономлено при установці напівпровідникового перетворювача частоти обертання вала двигунів «Danfoss».

Насосна станція «Хортицька» та «Леваневського» працюють нераціонально (див.табл.4.3 та 4.4).

Таблиця 5.1 – Напір та подача НС «Хортицька» та «Леваневського»

Насосна станція	Напір на виході НС				Подача НС			
	вдень		вночі		вдень		вночі	
	м	%	м	%	$м^3$/год	%	$м^3$/год	%
Хортицька	32,5	69,14	30,5	64,89	1650	55,61	1170	39,43
Леваневського	25,2	50,4	20	40	1125	53,57	765	36,42

Таблиця 5.2 – Споживання електроенергії та ККД на НС «Хортицька» та «Леваневського»

Насосна станція	ККД НС		Споживання електроенергії			
	вдень	вночі	вдень		вночі	
	%	%	кВт	%	кВт	%
Хортицька	72	59	223	55,75	158	39,5
Леваневського	66	53	145	43,8	95	28,7

Пропозиції:

1. Провести заміну насосних агрегатів з меншою продуктивністю.

2. Впровадити насосні агрегати для денного та нічного режимів з використанням єдиної системи управління ППЧ (послідовне переключання частоти).

Практичне значення отриманих результатів: проведені дослідження дозволяють проектним відділам комунальних підприємств на стадії проектування визначити найбільш економічну та злагоджену роботи насосних агрегатів при використанні напівпровідникового перетворювача частоти електроприводів.

ДЖЕРЕЛА

1. Українець М.О., Сокольник В.І. Водопровідні мережі: Навчально–методичний посібник для студентів спеціальності «Водопостачання та водовідведення» .– Запоріжжя: ЗДІА, 2009. 298 с.
2. Сорокіна К.Б. Водопостачання та водовідведення: Конспект лекцій для студентів 1 курсу денної і заочної форм навчання. - Харків: ХНАМГ, 2009.80 с.
3. Міністерство енергетики та захисту довкілля України URL: http://mpe.kmu.gov.ua/ (дата звернення: листопад 2019).
4. ДСанПіН 2.2.4–171–10. Державні санітарні норми та правила. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» / МОЗ України. – К., 2010.
5. Запольський А.В. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник.-К.: Вища школа, 2005. 671 с.
6. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачаня: Підручник.- К.: Знання, 2009.735 с.
7. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. Учебник для ВУЗов.– М.: Стройиздат, 1974. 480 с.
8. Павлинова И.И., Баженов В.И., Губий И.Г. Водоснабжение и водоотведение: ученик для бакалавров.- М.: Юрайт, 2015. 472 с.
9. ДБН В.2.5–74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування / Мінрегіон України. – К., 2013.
10. Методика розрахунку норм питомих витрат паливно–енергетичних ресурсів на підприємствах водопровідно–каналізаційного господарства / Мінрегіон розвитку, будівництва та ЖКГ України. – К., 2012.
11. Загальне положення про порядок нормування питомих витрат паливно–енергетичних ресурсів у суспільному виробництві / КМУ.-К., 1997.

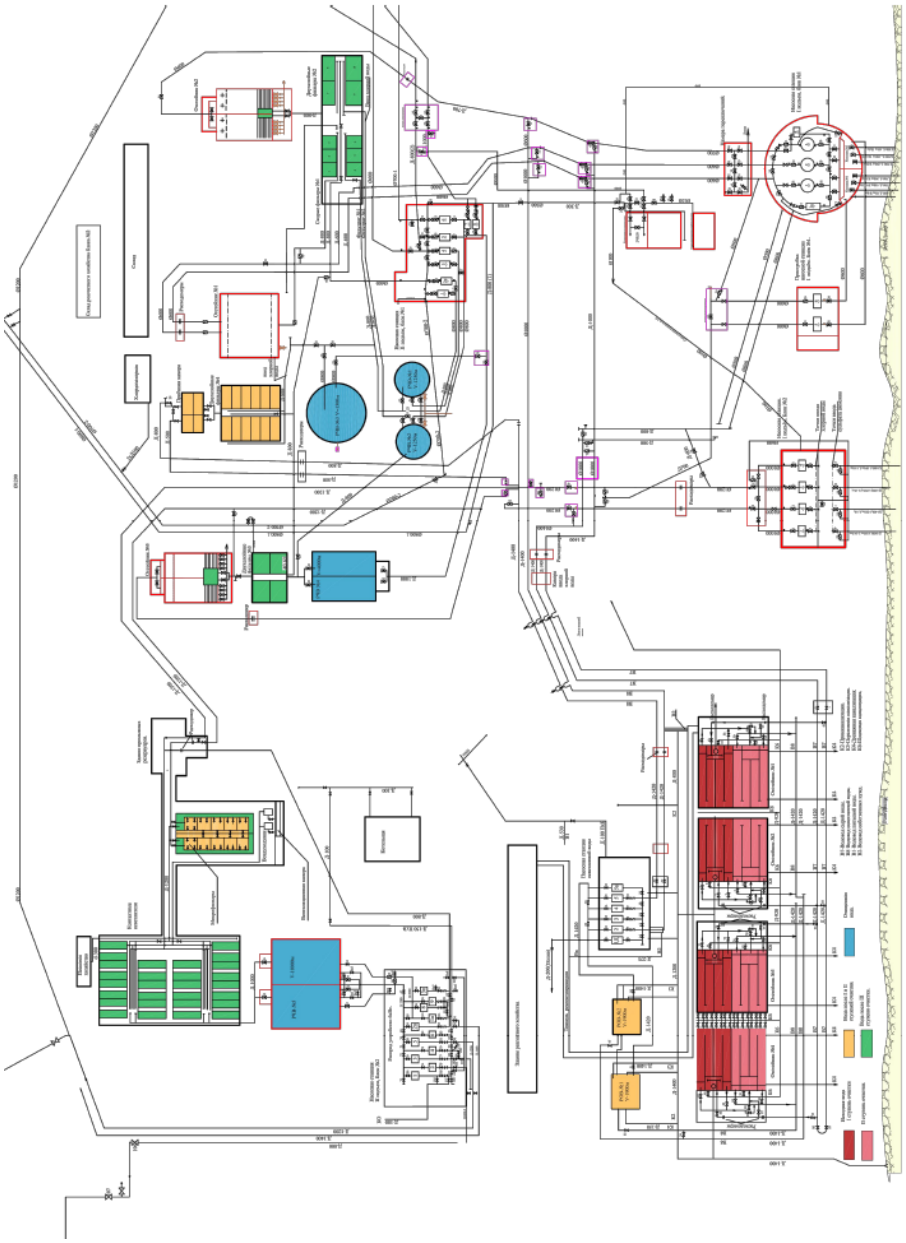
12. Евтушенко А.А., Зинченко В.В., Сотник Н.И., Бойко В.С. Методика энергетического обследования и адаптация насосного оборудования действуюших гидравлических сетей.-К.: Вісник, 2006.170с.
13. Карелин В.Я. Насосы и насосные станции.- М.:Стройиздат, 1996.146 с.
14. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках.-М.: Энергоатомиздат, 2006. 359 с.
15. Николаев В.Г. Энергосберегающие способы управления лопастными насосными агрегатами в системах водоснабжения при нестационарной нагрузке.-М., 2006.
16. Залуцкий Э.В., Петрухно А.И. Насосный станции: Курсовое проектирование. – К.: Вища шк., 1987. 167с.
17. Турк В.И.,Минаев А.В.,Карелин В.Я. Насосы и насосне станции: Учебник для вузов. – М.:Стройиздат,1976. 304с.
18. Чебаевский В.Ф., Вишневский В.Ф., Накладов Н.Н. Насосы и насосне станции: Учебник и учеб. пособие для студентов высш. учеб.. – М.: Агропроиздат., 1989. 416с.
19. Якубчик П.П. Насосы и насосные станции: Учебное пособие.– СПб.: ПГУПС, 1997. 109с.
20. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України. КДП 204–12.95 с.
21. Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы.–М.: Машиностроение,1982.423с.
22. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках.– М.: Энергоатомиздат.–1991.144 с.
23. Михайлов А.К.,Малюшенко В.В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. – М.:Машиностроение, 1977.288 с.
24. Ексаев А.Р. Оптимизация режимов работы систем водоснабжения.–2001, №6. с.34

25. Каталог насосного обладнання для систем водопостачання, опалення, вентиляції, кондиціонування «Wilo se» URL: https://wilo.com/ru/ru/ (дата звернення: листопад 2019).
26. Поляков Г.П. Расчет экономии электроэнергии в насосных установках при введении частотно–регулируемого привода.–2001.34с.
27. Комунальне підприємство «Водоканал» м. Запоріжжя
28. Комунальне підприємство «Водоканал» URL: http://www.vodokanal.zp.ua/vodosnabgenie (дата звернення: листопад 2019).
29. Каталог насосного обладнання ТМ «Hydro-vacum» URL: http://www.hydro-vacuum.com.ua (дата звернення: листопад 2019).
30. Каталог продукції ТМ «Danfoss» URL: https://www.danfoss.com/uk-ua/ (дата звернення: листопад 2019).
31. ГОСТ 10706–76 (СТ СЭВ 489-77). Трубы стальные электросварные прямошовные. Технические требования.-М.:Изд-во стандартов, 1978.7с.
32. ДСТУ ГОСТ 17378–2003. Деталі трубопроводів безшовні приварні з вуглецевої і низьколегованої сталі. Переходи. Конструкція (ИСО 3419–81, IDT У).-К.:Держспоживстандарт країни,2013.16 с.
33. ГОСТ 12815–80. Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на Ру от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см2). Типы. Присоединительные размеры и размеры уплотнительных поверхностей.-М.:Изд-во стандартов, 1983.20с.
34. ДСТУ–Н Б В.2.5–68:2012. Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації.-К.:Держспоживстандарт країни,2012.74с.
35. ДНПАОП 0.00–4.15–98. Положення про розробку інструкцій з охорони праці.-К.:Держспоживстандарт країни,1998.21с.
36. ДСанПіН № 198–97. Державні санітарні норми і правила при виконанні робіт в невимкнених електроустановках напругою до 750 кВ включно.-К.:Держспоживстандарт країни,1997.

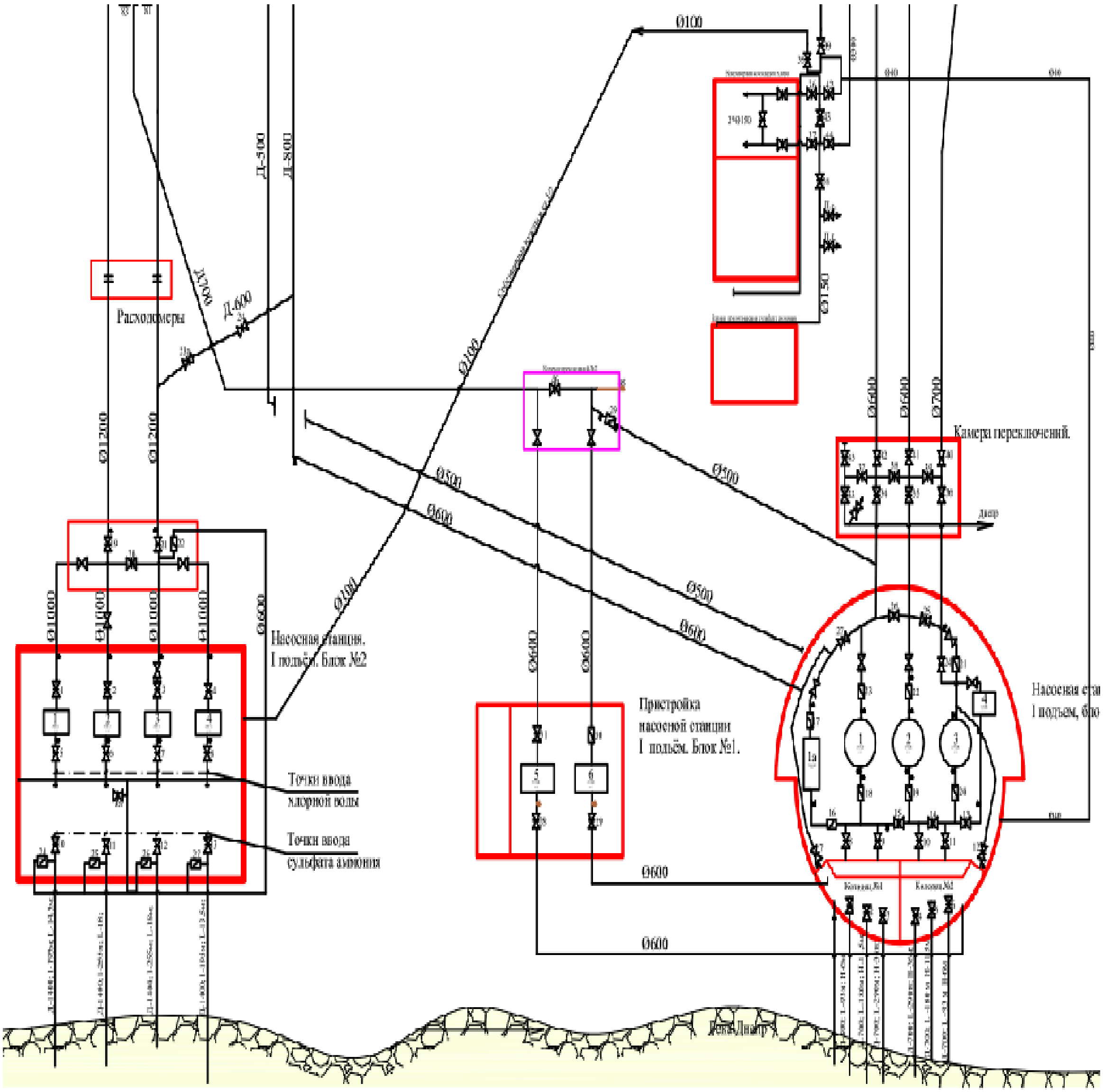
37. ДСанПіН 3.3.6.096-2002 Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.-К.:Держспоживстандарт країни,2002.
38. ДСН 3.3.6.037–99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.-К.:Держспоживстандарт країни,1999.
39. ДСН 3.3.6.042–99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.-К.:Держспоживстандарт країни,1999.
40. ДСН 3.3.6.039–99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.-К.:Держспоживстандарт країни,1999.
41. ГОСТ 12.1.002–84 .ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.-М.:Изд-во стандартов, 1984.7с.
42. ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.-М.:Изд-во стандартов, 1990.
43. ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарногигиенические требования к воздуху рабочей зоны.-М.:Изд-во стандартов, 1989.
44. ГОСТ 12.0.001–82.Система стандартов безопасности труда. Основные положения.-М.:Изд-во стандартов, 1982.
45. ГОСТ 12.0.003-74 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.-М.:Изд-во стандартов, 1974.
46. ДСТУ 2293–99. Охорона праці терміни та визначення основних понять.-К.:Держспоживстандарт країни,1999.
47. ДБН В.2.5–28–2006.Природне та штучне освітлення. Нормування.-К.:Держспоживстандарт країни,2006.
48. СНиП 2.04.02–84* . Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. 1984
49. ДБН В.2.5–67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.-К.:Держспоживстандарт країни,2013.
50. ДБН В.2.5–56:2014. Системы противопожарной защиты.-К.:Держспоживстандарт країни,2014.
51. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей,1998.

52. НАПБ А.01.001–2004.Правила пожежної безпеки в Україні, 2004.
53. НАПБ В.01.034–2005/111. Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України,2005.
54. НПАОП 0.00–4.12–05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці,2005.
55. Положення про інструктажі, навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки в Міністерстві внутрішніх справ України,2016.
56. НПАОП 0.00–3.08–09. Норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам водного господарства, 2019.

ДОДАТОК А



ДОДАТОК Б


Ø100
Расходомеры
Д-500
Д-800
Д-600
Ø1200
Ø1200
Ø1000
Ø600
Насосная станция.
I подъём. Блок №2
Точки ввода
хлорной воды
Точки ввода
сульфата аммония
Ø500
Ø600
Ø640
Пристройка
насосной станции
I подъём. Блок №1.
Ø600
Ø150
Камера переключений.
Днепр
Насосная ста
I подъем, бло
Колодец №1
Колодец №2
Река Днепр

ДОДАТОК В

Об’єм поданої води та використаної електроенергії на насосній станції-І підйому 1 блока за 2014 – 2018 рр.

Рік	Об'єм поданої води споживачам, тис.м3	Витрата електроенргії, кВт/год
2014	10787,6	10787,6
2015	16707,6	16707,6
2016	22390,9	22390,9
2017	27602,0	27602,0
2018	27451,3	27451,3

ДОДАТОК Г

Характеристика насосного обладнання на насосній

станції-І підйому 1 блока

№ п/п	Порядковий номер	Роб./ рез.	Марка н.а	Продуктивність (по паспорту н.а.) м3/год	Продуктивність (фактична) м3/год	Напір н.а., м	Потужність ел/двигуна, кВт	Напруга, В	Діаметр всмоктуючого трубопроводу, мм	Діаметр напірного трубопроводу, мм
1	№1	рез.	20 НДСВ	3100	3200	45	370	6000	600	500
2	№2	рез.	20 НДСВ	3100	2900	45	370	6000	600	500
3	№3	роб.	20 НДСВ	3100	2700	45	370	6000	600	500
4	№4	роб.	12 НДС	1100	1500	45	220	6000	300	300
5	№1а	роб.	20 НДС	3100	2900	45	500	6000	600	500
6	№5	роб.	21 НДС	3100	2700	45	500	6000	600	500
7	№6	роб.	22 НДС	3100	3400	45	400	6000	600	500

ДОДАТОК Д

Тарифи на електроенергію, діючі у 2014–2018 роках

Місяць	Тариф, грн/кВтгод (без ПДВ) по роках				
	2014	2015	2016	2017	2018
Січень	1,0324	1,3211	1,5894	1,7626	1,94754
Лютий	1,0324	1,3211	1,5894	1,808	2,02883
Березень	1,0324	1,3872	1,5894	1,765	2,01686
Квітень	1,0324	1,4011	1,5894	1,6988	2,07368
Травень	1,0820	1,3850	1,6848	1,69612	2,07368
Червень	1,1379	1,4305	1,6848	1,72799	2,07368
Липень	1,1861	1,5020	1,8225	1,73119	2,11055
Серпень	1,1861	1,5320	1,7978	1,75493	2,11055
Вересень	1,2335	1,5020	1,7978	1,77458	2,11055
Жовтень	1,2335	1,5208	1,9699	1,80053	2,14336
Листопад	1,2335	1,5208	1,9699	1,79608	2,14336
Грудень	1,2582	1,5208	1,9699	1,79154	2,14336
Середній тариф за рік	1,1400	1,4454	1,7546	1,7589	2,0813

ДОДАТОК Є

НАСОС типа	**:DHV.500-510PA**
Номинальные параметры работы	**Q=3300м³/ч; H=25м**
Допускаемая температура качаной среды	:80°Ц
Приток на всасыванию (NPSHr) в точке работы	:7,8м
Мощность насоса для номинальной точки работы	:255кВт
КПД насоса в точке работы	:83,5%
Всасывающий фланец (мм)	:DN600,PN10
Напорный фланец (мм)	:DN500,PN10
Вес насоса	:1560kg
Вес рамы	:510kg

Муфта типа	**:TOP-M80**

Двигатель типа	**: 355Lz6**
Мощность двигателя	:315кВт
Скорость вращения	:990обр/мин
Напряжение	:400В
Частота	:50Гц
Номинальный ток	:557A
КПД двигателя	:95,8%
Cos ф	:0,85
Степень защиты	:IP55
Класс изоляции	:F
Вес двигателя	:2310kg

Исполнение по материалам и конструкция насосов	
Корпуса	:серый чугун GG25
Рабочее колесо	:серый чугун GG25
Уплотнительное кольцо	:серый чугун GG25
Вал	:углеродистая сталь
Предохранительная втулка вала	:нержавеющая сталь 304
Тип подшипников	:SKF

ДОДАТОК Ж

НАСОС типа	:DHV.500-510RA
Номинальные параметры работы	**Q=2800м³/ч; H=25м**
Допускаемая температура качаной среды	:80°Ц
Приток на всасыванию (NPSHr) в точке работы	:6,1м
Мощность насоса для номинальной точки работы	:229кВт
КПД насоса в точке работы	:83,5%
Всасывающий фланец (мм)	:DN600,PN10
Напорный фланец (мм)	:DN500,PN10
Вес насоса	:1550kg
Вес рамы	:490kg

Муфта типа	:TOP-M80

Двигатель типа	: 355Lx6
Мощность двигателя	:250кВт
Скорость вращения	:990обр/мин
Напряжение	:400В
Частота	:50Гц
Номинальный ток	:420A
КПД двигателя	:95,8%
Cos ф	:0,90
Степень защиты	:IP55
Класс изоляции	:F
Вес двигателя	:1980kg

Исполнение по материалам и конструкция насосов	
Корпуса	:серый чугун GG25
Рабочее колесо	:серый чугун GG25
Уплотнительное кольцо	:серый чугун GG25
Вал	:углеродистая сталь
Предохранительная втулка вала	:нержавеющая сталь 304