

Міністерство освіти і науки України
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

РАК Олександр Миколайович

**СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДОВІДЛИВУ НА
ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ / CONTROL SYSTEM OF WATER
DISCHARGE MANAGEMENT AT MINING ENTERPRISES.**

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

Випускна кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТм-21
О. М. Рак

Науковий керівник:
к.т.н., доцент А. І. Сегін

Випускну кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

" ____ " _____ 20__ р.

Завідувач кафедри СКС
_____ А.І.Сегін

Тернопіль 2023

Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "магістр"
спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

зав. кафедри СКС

А. І. Сегін

26 жовтня 2022р.

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

РАКУ Олександр Миколайовичу

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи

Система автоматизованого управління водовідливу на гірничих підприємствах/ Control system of water discharge management at mining enterprises.

керівник роботи к.т.н., доцент Сегін А. І.

затверджено наказом по університету від «8» грудня 2022 р. № 491

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи

30 листопада 2023р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Особливості та характеристики технологічного процесу.

2. Параметри технологічного процесу водовідливу.

3. Вимоги до системи автоматизованого управління водовідливу.

4. Вимоги до апаратно-технічного забезпечення.

4. Основні питання, які потрібно розробити

1. Провести аналіз характеристик шахтної водовідливної установки.

2. Дослідити етапи та особливості технологічного процесу водовідливу.

3. Побудувати математичну модель процесу автоматизованого регулювання роботою насосів насосних станцій водовідливної установки.

4. Розробити структурну схему водовідливної установки з відповідним апаратно-технічним та алгоритмічним забезпеченням.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі

1. Технологічна схема водовідливу шахти.

2. Блок-схеми алгоритмів роботи насосних станцій водовідливної установки.

3. Структурні схеми системи автоматизованого управління водовідливу на гірничих підприємствах.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Сегін А. І., зав. кафедри СКС		
2	Сегін А. І., зав. кафедри СКС		
3	Сегін А. І., зав. кафедри СКС		

7. Дата видачі завдання 20 жовтня 2022р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Технічний аналіз шахтної установки водовідливу та задач її автоматизації	20.10.2022р. – 28.02.2023р.	виконано
2	Аналіз режимів роботи насосних станцій та побудова математичної моделі системи автоматизованого управління водовідливом шахти	1.03.2023р. – 30.06.2023р.	виконано
3	Алгоритм роботи та апаратне забезпечення системи автоматизованого управління водовідливною установкою	1.07.2023р. – 5.11.2023р.	виконано
4	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	6.11.2023р. – 30.11.2023р	виконано

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Рак О.М.

Сегін А. І.

РЕФЕРАТ

Робота виконана на 68 сторінках та містить 31 рисунок, 1 таблицю, 31 джерело за переліком посилань.

Мета кваліфікаційної роботи. В вдосконалення системи автоматизованого управління шахтним водовідливом, що дозволить працювати насосній установці в ефективнішому режимі.

Результати роботи. Розроблена в результаті досліджень система автоматизованого управління шахтної водовідливної установки у зоні промислового використання насоса у складі базової апаратури дозволить: підвищити рівень автоматизації управлінням насосними установками та знизити вплив людського фактору; запровадити систему сигналізації про вихід технологічних параметрів за межі нормальної роботи; підвищити надійність та економічну ефективність роботи водовідливної установки; знизити експлуатаційні витрати; зменшити кількість аварійних ситуацій під час експлуатації водовідливних установок.

Рекомендації по використанню результатів роботи. Розроблений пристрій автоматичного управління насосом може бути вбудований у вже існуючі системи автоматизованого управління водовідливними установками типу ВАВ.1М. Також розроблено архітектуру власної системи автоматизованого управління водовідливними установками, що дозволить працювати насосам у більш ефективному режимі.

Ключові слова: ВОДОВІДЛИВНА УСТАНОВКА, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ.

ABSTRACT

The work is completed on 68 pages and contains 31 figures, 1 tables, 31 sources according to the list of references.

The purpose of the qualification work. In the improvement of the system of automated management of mine drainage, which will allow the pumping unit to work in a more efficient mode.

Work results. The system of automated control of the mine drainage installation in the area of industrial use of the pump as part of the basic equipment, developed as a result of the research, will allow: to increase the level of automation of the control of the pumping installations and to reduce the influence of the human factor; introduce a system of signaling about the departure of technological parameters beyond the limits of normal operation; to increase the reliability and cost-effectiveness of the water discharge installation; reduce operational costs; reduce the number of emergency situations during the operation of water drainage facilities.

Recommendations on the use of work results. The developed device for automatic control of the pump can be integrated into already existing systems of automated control of water discharge installations of the type BAV.1M. The architecture of the own system of automated control of water discharge installations was also developed, which will allow the pumps to work in a more efficient mode.

Keywords: WATER DISCHARGE INSTALLATION, AUTOMATED CONTROL SYSTEM, AUTOMATIC ADJUSTMENT SYSTEM

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ШАХТНОЇ УСТАНОВКИ ВОДОВІДЛИВУ ТА ЗАДАЧ ЇЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	12
1.1 Загальна характеристика шахтної водовідливної установки	12
1.2. Аналіз існуючих науково-технічних рішень з автоматизації насосних станцій водовідливу шахти.....	19
1.3 Вимоги до системи автоматичного управління водовідливом.....	22
2. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ТА ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДОВІДЛИВОМ ШАХТИ.....	27
2.1 Обґрунтування способу узгодження режимів роботи насосних станцій за умови їх автоматичного керування.....	27
2.2 Розрахунок параметрів САР водовідливної установки з керованою засувкою.....	31
2.3 Розробка математичної моделі управління насосом у зоні промислового використання.....	34
2.4 2.4 Дослідження перехідних процесів при регулюванні насосної установки.....	41
3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ТА АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДОВІДЛИВНОЮ УСТАНОВКОЮ.....	44
3.1 Алгоритм управління насосними установками.....	44
3.2 Обґрунтування та розробка схемотехнічного рішення пристрою автоматизованого управління роботою насосу.....	47
3.3 Розробка схемотехнічних рішень щодо системи автоматичного управління насосною станцією водовідливу шахти.....	52

3.4 Технічні засоби технологічного системи автоматизованого контролю та управління водовідливів.....	56
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТОК А Копії публікацій.....	68

ВСТУП

Актуальність теми. Видобуток корисних копалин шахтним способом потребує забезпечення відливу води, яка може надходити шляхом опадів, стіканням поверхневих водойм (річок, струмків, боліт, джерел) і підземних вод. Ці води можуть приводити до аварійних ситуацій, погіршенню якості копалин, що видобуваються, та інших негативних явищ в роботі гірничо-видобувних підприємств. Тому на гірничих підприємствах обов'язково передбачається встановлення дренажних систем та систем водовідливу для відкачки таких вод. Зрозуміло, що для кожного конкретного родовища і шахти зокрема, будуть свої умови зі швидкістю накопичення води і відповідно інтенсивністю її відкачки. Слід також зазначити, що водовідливні установки функціонують як насосні станції з електромоторами великої потужності, що здатні відкачувати воду на досить велику висоту, що обумовлює значні затрати електроенергії. В середньому, водовідливні установки споживають близько 20% електроенергії від загального електроспоживання всього обладнання.

Тому, з одного боку, водовідливна установка повинна забезпечувати надійне відкачування води, а з іншого боку, працювати в режимі мінімізації споживання електроенергії та інших експлуатаційних затрат. Для досягнення такого режиму роботи водовідливні установки повинні бути оснащені інтелектуалізованими системами автоматизованого управління (САУ).

Основними завданнями САУ водовідливними установками є створення нормальних умов проведення гірничих робіт за рахунок забезпечення надійного процесу водовідливу, зменшення експлуатаційних затрат, за рахунок роботи насосних установок тільки при потребі і зниженні кількості аварійних ситуацій та відмов обладнання.

Для забезпечення виконання цих завдань апаратура САУ повинна здійснювати автоматичний контроль виконання основних операцій та їх

технологічних параметрів: «автоматичне контрольоване заливання насосів перед їх запуском; автоматичне включення в роботу чергового насоса при досягненні водою верхнього рівня та безперервну роботу його до нижнього рівня; автоматичний контроль за працюючим насосом та аварійне відключення його, якщо він не розвинув заданої продуктивності або в установці виникла відмова (перегрів підшипників, коротке замикання та ін.); автоматичне включення в роботу резервного насоса, якщо відмовив перший насос або він не справляється з притоком, і вода досягла підвищеного або аварійного рівня, передбачатись одночасне включення кількох насосів; знеособлену звукову та світлову сигналізацію на пульт диспетчера про стан установки (робота, відмова) та аварійний рівень води, а також сигналізацію в камері про насос, що відмовив; можливість дистанційного включення установки з пульта диспетчера та переведення її на ручне керування; можливість застосування різних способів заливання (занурювальний насос, баковий акумулятор, сифонний спосіб та ін.); блокування від включення насоса, що відмовив, без втручання обслуговуючого персоналу; автоматичне керування роботою засувки на трубопроводах, а також роботу з постійною відкритою засувкою при невеликих глибинах» [1].

Як правило, на гірничо-видобувних підприємствах встановлені водовідливні установки з автоматизованими системами управління серійного виробництва. Багато підприємств використовують зношене або морально-застаріле обладнання, які не здатні забезпечити визначені вище завдання в повній мірі і потребують серйозної модернізації із застосуванням сучасних технологій, апаратно-технічного та програмного забезпечення.

«Тому розширення функціональних можливостей існуючої базової апаратури системи автоматизованого управління водовідливної установки за рахунок використання в ній принципово нових методів та сучасних засобів керування установкою у зоні промислового використання насоса є актуальною темою» [12].

Мета і завдання дослідження.

Метою кваліфікаційної роботи є вдосконалення системи автоматизованого управління шахтним водовідливом, що дозволить працювати насосній установці в ефективнішому режимі.

Основними завданнями для досягнення поставленої мети роботи є:

- проаналізувати технологічний процес водовідливу гірничих підприємств;
- здійснити аналіз технічного обладнання водовідливної установки та системи автоматизованого управління серійного виробництва.
- розробити математичну модель управління насосом у зоні промислового використання;
- провести дослідження перехідних процесів при регулюванні насосної установки по подачі;
- розробити алгоритми роботи системи автоматизованого управління насосною установкою;
- розробити обґрунтовані схемотехнічні рішення системи управління насосною установкою.

Об'єкт та предмет дослідження.

Об'єктом дослідження є водовідливна установка та процес відкачки води в шахті гірничого підприємства.

Предметом дослідження є автоматизація відкачки води насосними станціями системи водовідливу.

Наукова новизна роботи полягає у побудові математичної моделі управління насосною установкою у зоні промислового використання та розробці на її основі алгоритмів підвищення ефективності її роботи.

Практична цінність результатів роботи. Розроблена в результаті досліджень система автоматизованого управління шахтної водовідливної установки у зоні промислового використання насоса у складі базової апаратури дозволить:

- підвищити рівень автоматизації управління насосними установками та знизити вплив людського фактору;
- запровадити систему сигналізації про вихід технологічних параметрів за межі нормальної роботи ;
- підвищити надійність та економічну ефективність роботи водовідливної установки;
- знизити експлуатаційні витрати;
- зменшити кількість аварійних ситуацій під час експлуатації водовідливних установок.

Напрямки подальшого розвитку.

В подальшому, розроблена система автоматизованого управління роботою водовідливної установки, може вдосконалюватися за рахунок використання технічних засобів нового покоління, розширення її функціональних можливостей за рахунок введення нових модулів, оновлення програмного забезпечення та використання більш досконалих методів управління.

Публікації:

1. Попик Ю. І., Усенко О. О., Когут Ю. В., Рак О. М. Система автоматичного управління роботом маніпулятором. / Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ – 2023), Тернопіль, 2023. С. 72 – 77с.
2. Рак О.М., Павловський А.О. Система автоматизованого управління водовідливу. / Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ – 2023), Тернопіль, 2023. С. 209 – 214

—

1. ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ШАХТНОЇ УСТАНОВКИ ВОДОВІДЛИВУ ТА ЗАДАЧ ЇЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Загальна характеристика шахтної водовідливної установки

Технологічний процес шахтного водовідливу призначений для видалення води з гірничих виробок на поверхню шахти. Водовідлив здійснюється за допомогою водовідливних установок (насос із приводним електродвигуном та трубопровідними комунікаціями). На шахті розрізняють такі водовідливні установки: головні, що відкачують на поверхню шахти водоприток всієї шахти, і дільничні, що перекачують воду з горизонтів, що знаходяться нижче, на верхній горизонт, де розташована головна насосна станція. Водовідливні установки встановлюються у насосних станціях водовідливу.

Існують різні схеми водовідливу [13]. У кваліфікаційній роботі розглядається технологічна схема водовідливу, яка наведена на рисунку 1.1. Водовідлив здійснюється з двох горизонтів – гор.1 та гор.2. На горизонті гор.2 розташована дільнична насосна станція (далі за текстом ДНС), а на горизонті гор.1 - головна насосна станція (ГНС). Водовідлив здійснюється в такий спосіб (див. рисунок 1.1). Вода, що надходить із вибоїв та виробленого простору, збирається у водовідливні канавки, якими безнапірним потоком, через попередній відстійник (на рисунку 1.1 не показаний), направляється у водозбірник 2 насосної станції ДНС. З водозбірника 2 вода водовідливною установкою по трубопроводу напірним потоком перекачується на верхній горизонт (гор.1) водозбірник 1 насосної станції ГНС, водовідливні установки якої перекачують воду на поверхню шахти в спеціальний відстійник. Основним збурюючим фактором, що діє на стан водовідливної установки, є шахтний приплив, що впливає на зміни рівня води у водозбірнику, причому для дільничної насосної станції його величина в часовому проміжку

незначна, а для головної насосної станції приплив визначається подачею насоса дільничної насосної станції, що може складати $250 \text{ м}^3/\text{год}$ та більше.

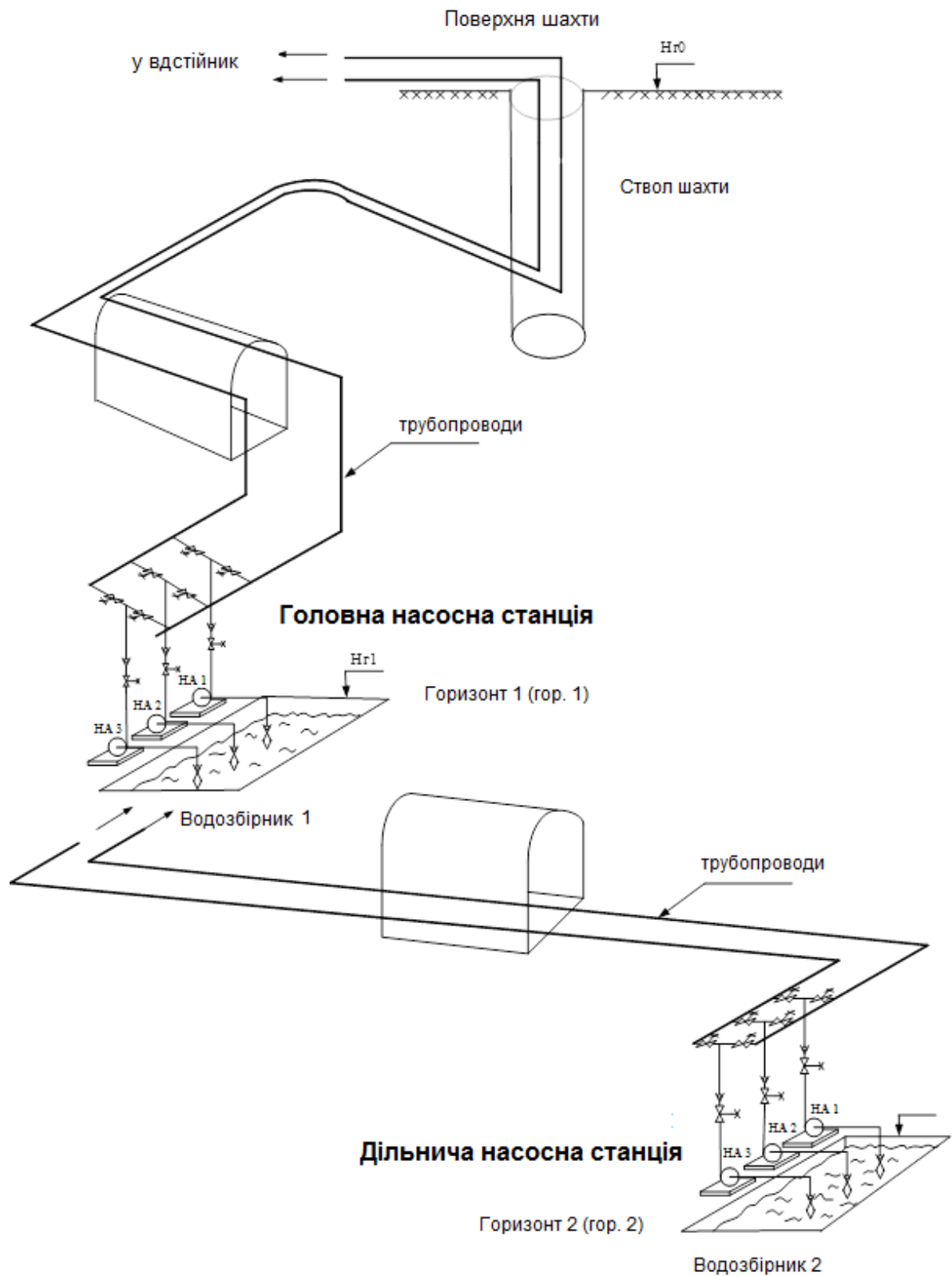


Рисунок 1.1 – Технологічна схема водовідливу шахти.

«Проектування та експлуатація водовідливних установок здійснюється відповідно до вимог Правил безпеки у вугільних шахтах» [4].

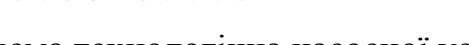
Конкретна кількість водовідливних установок визначається технічним розрахунком залежно від швидкості надходження води. Потужність кожного насоса або групи насосів, за винятком резервних, повинна мати запас з розрахунку можливості відкачування максимального об'єму добового стоку води не більше ніж за 20 год.

Головна насосна станція має як мінімум два трубопроводи — робочий та резервний. Підключення насоса до трубопроводу здійснюється за допомогою керованої засувки. Місткість водозбірника головної насосної станції повинна бути розрахована не менше ніж на 4-годинний максимальний приплив без урахування замулення. Водозбірник має підтримуватись у робочому стані — його замулення не повинно перевищувати 30% обсягу.

Головна водовідливна установка встановлюється в районі насколоствольного простору шахти [5]. Її насосна установка, технологічна схема якої наведена на рисунку 1.2, «складається з 1 — колодязя ; 2 — підвідного трубопроводу, обладнаного приймальною сіткою ПС і зворотним клапаном (ЗК); 3 — насосу; 4 — нагнітального трубопроводу зі зворотним клапаном (ЗК), регулювальною засувкою (ЗР) з приводом (ПЗ) і двома кінцевими вимикачами, один з яких контролює закритий стан засувки (КВЗ), а інший — відкритий стан засувки (КВВ); витратоміра перепаду тиску (В), встановленого на підведеному трубопроводі; манометра (М), встановленого на патрубку нагнітального насоса» [5].

У насосному відділенні розміщені насосні агрегати, трубопроводи із запірною арматурою, пускорегулюючі пристрої, пристрої автоматики та контрольно-вимірювальні прилади.

«Водозбірник служить для збору та освітлення води, яка через ходок і приймальну колодязь надходить у всмоктуючий колодязь. Головна водовідливна установка відповідно до вимог правил безпеки обладнується не



Дільничні насосні станції водовідливу також складаються з водовідливних установок та водозбірника. Мінімальна кількість водовідливних установок – одна робоча та резервна. Загальна кількість дільничних водовідливних установок має визначатися проектом. Для дільничних насосних станцій допускається мати один трубопровід. Місткість водозбірника повинна бути розрахована не менше ніж на 2-годинний максимальний приплив без урахування замулення. Водозбірник має підтримуватись у робочому стані — його замулення не повинно перевищувати 30% обсягу.

Як насоси водовідливних установок застосовуються секційні відцентрові насоси типів ЦНС, ЦНСК, ЦНСШ, НШС та ін [3]. Подача насосів і напір, що розвивається, мають різні типові значення. Вибір подачі насосів проводити відповідно до даних про очікувані водопритоки. Як правило, на дільничних насосних станціях застосовуються менш потужні насоси, наприклад, типу ЦНС 180–340, тобто, ці насоси розвивають подачу 180 м³/год і тиск 340 м. вод. стовп. На головних насосних станціях застосовують потужніші насоси, наприклад, типу ЦНС 360-600.

Насоси водовідливних установок працюють на трубопровідну мережу із позитивною геометричною висотою водопідйому.

Кожен тип насоса має індивідуальні робочі характеристики, які в процесі експлуатації насоса змінюються через складні умови експлуатації насосів при перекачуванні кислих і забруднених вод, а, отже, змінюються значення робочих параметрів насоса (подача, напір, коефіцієнта корисної дії), що призводить до зниження ефективності роботи водовідливної установки, виникнення відмов насосного обладнання. Тому потрібен постійний інструментальний контроль робочих параметрів насоса, аналіз відповідності чи відхилення поточних значень параметрів від заданих (розрахункових) значень.

Аналіз відмов та причин їх виникнення свідчать, що в період експлуатації водовідливної установки виникають як раптові, так і поступові відмови [12]. Раптові відмови пов'язані з дефектами заводського виготовлення, якістю монтажу та виявляються переважно в період опрацювання обладнання. Поступові відмови мають місце в режимі експлуатації та пов'язані з експлуатаційним зносом вузлів водовідливної установки. Так, у кожному режимі роботи водовідливних установок є аварійні ситуації. Зокрема, під час пуску водовідливної установки можуть виникнути такі аварійні ситуації:

- кавітація у насосі;
- вихід робочого режиму насоса із зони промислового використання;
- зниження подачі та напору нижче допустимих значень;
- порив нагнітального трубопроводу;
- небезпечний гідравлічний удар;
- перегрів підшипників насоса та приводного електродвигуна;
- аварії приводного електродвигуна

При зупинці насосного агрегату може виникнути ситуація не закриття засувки на трубопроводі нагнітального основного насоса і відповідно виникнення небезпечного гідравлічного удару. Небезпечний гідравлічний удар призводить до руйнування трубопровідної мережі та конструкції насоса.

Тому потрібен постійний контроль поточних режимів роботи насосного агрегату, їх відповідності розрахунковим режимам.

Як приводні електродвигуни насосів застосовуються нерегульовані асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором серії ВАО. Наприклад, для насоса ЦНС 180-340 застосовується електродвигун типу ВАО2-450-250/380-2 У2 з рівнем вибухозахисту IExdIIBT4, потужністю 250 кВт, частотою обертання 3000 об/хв, напругою живлення 660 В. Якщо ж насос є потужним, наприклад, типу ЦНС 300–600, тоді застосовуються високовольтні приводні асинхронні електродвигуни з короткозамкненим

ротором, наприклад, серії ВАО типу ВАО2–560–800–2Д У2 з рівнем вибухозахисту ІЕхdІІВТ4, потужністю 800 кВт, частотою обертання 3000 об/хв. Для управління зазначеними електродвигунами використовують магнітні пускачі для низьковольтного електродвигуна, або високовольтні комплектні розподільні пристрої (високовольтні осередки) для високовольтного електродвигуна. Насосні станції водовідливу є великим електроспоживачем, їх сумарна потужність становить у середньому 20% від встановленої потужності шахти. Оскільки водовідливні установки працюють незалежно від основного технологічного процесу – видобутку копалин, то графік їх роботи протягом доби, можна задати таким чином, щоб рівномірніше розподілити споживану потужність підприємства в цілому, і знизити величину заявленої потужності підприємства, а також нерівномірність графіка навантаження енергосистеми [3]. Таким чином, при управлінні електропостачанням шахти необхідно здійснювати технічний облік спожитої електроенергії водовідливною установкою, оскільки важливо знати поточні значення енергоспоживання установкою для використання як споживача-регулятора.

Також слід зазначити, що за наявності автоматичного регулювання режиму роботи водовідливної установки можна:

- уникнути кавітації у насосі;
- підвищити техніко-економічні показники водовідливу в результаті зниження встановленої потужності насосних агрегатів, і як наслідок, зменшити капітальні та експлуатаційних витрати;
- за рахунок зменшення середньої швидкості потоку води у трубопроводі знизити витрати електроенергії на подолання гідравлічного опору, який пропорційний швидкості руху води;
- підвищити надійність водовідливу через зменшення кількості пусків-зупинок агрегатів і підтримання усталених режимів роботи обладнання.

1.2. Аналіз існуючих науково-технічних рішень з автоматизації насосних станцій водовідливу шахти

В даний час розроблено різні системи автоматичного керування насосною станцією водовідливу шахти. У роботі проаналізовано функціональні та апаратні можливості основних, на нашу думку, сучасних систем управління для використання їх у технологічній схемі водовідливу шахти, що розглядається, зокрема: система управління водовідливною установкою [4]; апаратура автоматизації шахтного водовідливу типу ААВ [5]; автоматизована система керування водовідливом шахти типу АУНС [6]; автоматизована система контролю та управління водовідливною установкою типу АСКУ ВУ [7]; автоматизована система управління водовідливними установками та насосними станціями АСУВ Каскад [8]; автоматизована система контролю та управління головними високовольтними, низьковольтними та одиночними водовідливними установками [9]; автоматизована система управління АСУ «Водовідлив» [10]; автоматична система управління водовідливних установок типу АСУВ [11].

В результаті проведеного аналізу систем автоматизованого управління водовідливними установками встановлено, що всі вони мають трьохрівневу архітектуру і базуються на використанні мікропроцесорних пристроях і програмованих логічних контролерів (ПЛК), і відповідають вимогам до системи автоматичного управління насосною станцією водовідливу шахти. Однак за функціональними можливостями жодна із систем керування повною мірою не відповідає поставленим у роботі вимогам до системи автоматичного керування насосною станцією водовідливу шахти. Зокрема, немає:

- функції автоматичного регулювання режиму роботи водовідливної установки;
- захисту насоса у разі розвитку кавітації;

- контролю аналогового рівня води у водозбірнику;
- контролю витрати електроенергії водовідливною установкою.

Тому для розробки нової системи автоматичного керування насосної станції водовідливу потрібне науково-технічне обґрунтування реалізації зазначених функцій.

Незважаючи на це, автоматизована система керування САУ водовідлив може бути використана для автоматичного керування головною насосною станцією водовідливу шахти, оскільки однією з функцій системи є керування насосами з метою створення умов їх не включення на період максимуму навантаження енергосистеми. При цьому додатково до системи керування АСУ водовідлив повинен застосовуватися пристрій автоматичного захисту насоса від кавітації та пристрій контролю витрати електроенергії водовідливною установкою. Як вказувалося раніше, пристрій автоматичного регулювання режиму водовідливної установки головної насосної станції не потрібно.

Для дільничної насосної станції також може бути використана система керування САУ водовідливу. При цьому додатково до системи керування САУ водовідлив повинен застосовуватися пристрій автоматичного регулювання режиму роботи водовідливної установки та пристрій контролю витрати електроенергії водовідливною установкою.

Існують різні способи регулювання режиму роботи насоса [2], зокрема:

- дроселювання трубопровідної мережі;
- скидання частини води з напірного трубопроводу у водозбірник;
- підведення розрахункової кількості повітря до всмоктування насоса;
- плавної зміни частоти обертання робочого колеса насоса

В результаті аналізу ефективності застосування кожного із зазначених способів до шахтних водовідливних установок встановлено, що найбільш прийнятним за рахунок простоти та дешевизни реалізації є спосіб дроселювання потоку води в напірному трубопроводі насоса шляхом

регулювання засувки. Хоча цьому способу регулювання притаманні недоліки, основним з яких є:

- підвищений абразивний знос проточної частини та регулюючого органу дроселя;
- значні втрати натиску на дроселі при маневруванні затвором;
- суттєво нелінійна статична характеристика.

Пристрій автоматичного регулювання подачі водовідливної установки насосної станції шахти шляхом дроселювання трубопровідної мережі в даний час відсутній.

Існують три варіанти автоматичного керування насосною станцією водовідливу з урахуванням періодів максимального навантаження енергосистеми [3]:

- примусове включення водовідливної установки з подальшим регулюванням швидкості відкачування води;
- регулювання роботи водовідливної установки за трьома точками;
- примусове включення водовідливної установки за часом.

В результаті аналізу встановлено, що найбільш прийнятним є спосіб примусового включення водовідливної установки насосної станції за часом.

Суть способу полягає у наступному. Час роботи водовідливної установки складається із циклів (T_u). Протягом часу T_z водозбірник обсягом V_e заповнюється водою припливом води (пряма А–В рисунок 1.3).

При досягненні верхнього рівня води у водозбірнику (точка Б) апаратура автоматизації автоматично включає в роботу водовідливну установку, і вода відкачується з водозбірника (цикл T_p – пряма Б–В). При досягненні рівня води у водозбірнику нижнього рівня (точка В), водовідливна установка автоматично вимикається. Далі цикл повторюється (В–Д'–Ж). При цьому, як видно з графіка, водовідливна установка працює протягом часу T_m – час максимального навантаження на систему

електропостачання шахти, що призводить до перевитрати електроенергії, втрати її якості.

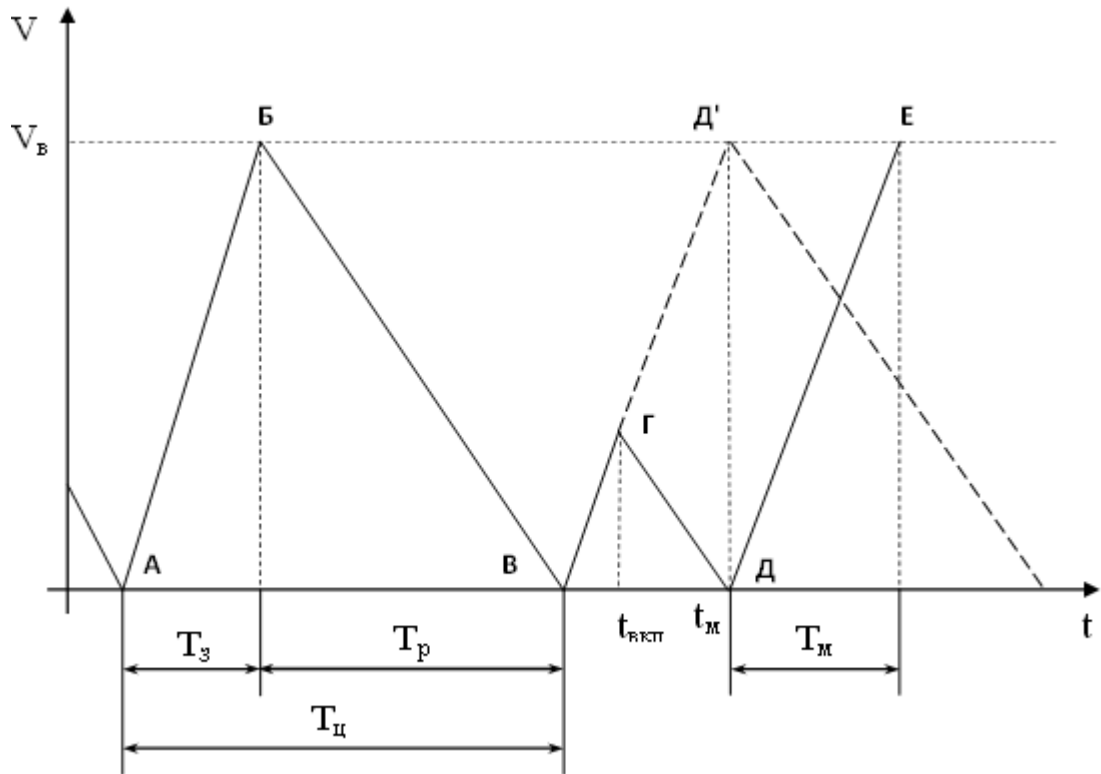


Рисунок 1.3 — Графік роботи автоматизованої водовідливної установки з урахуванням періодів максимального навантаження на систему електропостачання шахти

Час T_m для енергосистеми встановлюються заздалегідь, поквартально (сезонно). При застосуванні керування водовідливною установкою шляхом примусового включення за часом попередньо задається час $t_{вкл}$, при досягненні якого водовідливна установка включається незалежно від рівня води у водозбірнику і відкачує воду (пряма Г-Д). Час $t_{вкл}$ вибирається таким чином, щоб до початку періоду T_m водозбірник був порожній або мав такий обсяг вільної ємності, щоб при насосі, що не працює, водозбірник за час T_m не переповнився водою. Тим самим унеможливується робота водовідливної

установки в період максимального навантаження на систему електропостачання шахти.

Як відомо, «причиною виникнення кавітації є властивість рідини до кипіння (фазового переходу) за нормальної температури за умов низьких тисків. Появі кавітації сприяє розчинене у воді повітря, яке виділяється при зменшенні тиску» [14].

Нині немає досить надійних методів виявлення кавітації, дозволяють точно фіксувати момент її виникнення. Про появу кавітації судять за її вторинними ознаками. Так, для визначення початку кавітації та оцінки її розвитку можуть використовуватись такі способи: енергетичний; віброакустичний; ерозійний та візуальний.

В результаті аналізу встановлено, що найприйнятнішим для інструментального контролю є енергетичний спосіб. При цьому способом початком кавітації вважається зниження подачі насоса та збільшення вакуумметричного тиску у всмоктувальному трубопроводі насоса. Слід зазначити, що формування інформації про початок розвитку кавітації можливе при досягненні води у водозбірнику певного рівня води h_k , що відповідає розрахунковому значенню запасу кавітаційного застосовуваного насоса. Це необхідно для виключення помилкового спрацьовування при короточасних змінах робочого режиму насоса з інших причин, що викликають коливання подачі насоса і вакуумметричного тиску у всмоктувальному трубопроводі насоса, наприклад при засміченні пристрою, що всмоктує. Рівень h_k може бути нижче відключаючого рівня системи автоматичного управління водовідливної установки, чим досягається збільшення об'єму води, що відкачує водовідливною установкою.

Пристрій автоматичного захисту насоса водовідливної установки від кавітації в даний час відсутній.

1.3 Вимоги до системи автоматичного управління водовідливом

Таким чином, вимоги до системи автоматичного керування насосною станцією водовідливу шахти такі:

1. Система повинна бути виконана на мікропроцесорній елементній базі та мати три рівні управління:

- нижній рівень системи повинен включати польове обладнання: датчики, виконавчі пристрої, пускову апаратуру;

- середній рівень системи повинен містити програмовані контролери, до модулів входу/виходу яких має підключатися польове обладнання. Обмін даними між обладнанням нижнього рівня та локальними контролерами має здійснюватися через провідне з'єднання електричним кабелем;

- верхній рівень системи повинен здійснювати візуалізацію протікання технологічного процесу водовідливу та управління ним, ведення добових та формування архівних протоколів (у вигляді текстових файлів) про значення робочих параметрів водовідливних установок та роботу технологічного обладнання, зберігання в пам'яті комп'ютера (сервера) поточних добових та архівних протоколів, їх перегляд та друк.

2. Система має забезпечити три види управління:

- місцеве керування, при цьому керування технологічним обладнанням повинно здійснюватися з пульта керування оператора насосної станції за допомогою кнопок на його лицевій панелі;

- дистанційне керування, при цьому повинне здійснюватися ручне керування з комп'ютера диспетчера шахти за допомогою панелі клавіш;

- автоматичне керування, при цьому керування має здійснюватися за заданим алгоритмом залежно від рівня води у водозбірнику, без втручання диспетчера шахти.

3. Система повинна здійснювати:

- включення та відключення комутаційної апаратури приводних електродвигунів головних насосів та занурювального (заливального) насоса;
- включення та відключення комутаційної апаратури приводного електродвигуна засувки (відкриття, закриття засувки) на нагнітальному трубопроводі водовідливної установки;
- автоматичне включення резервного насоса при відмові робітника;
- заборона включення у роботу несправного насоса.

4. Система повинна здійснювати автоматичний контроль наступних параметрів та режимів:

- приплив води у водозбірник;
- аналоговий рівень води у водозбірнику;
- наявність заливки водою основних насосів перед включенням;
- подача насосу;
- тиск води у нагнітальному трубопроводі на виході насоса;
- вакуумметричний тиск у всмоктувальному трубопроводі насоса;
- технічний облік витрати електроенергії водовідливною установкою;
- температуру підшипників насоса та приводного електродвигуна;
- положення засувки на нагнітальному трубопроводі (відкрито або закрито);
- стан комутаційної апаратури приводного електродвигуна основного насоса (увімкнена, вимкнена);
- час роботи водовідливної установки

5. Автоматизована система повинна забезпечити такі види захисту:

- у разі розвитку кавітації в насосі;
- від перегріву підшипників;
- гідравлічний захист із витрати води;
- при заклинюванні засувки;
- неможливість повторного пуску несправної водовідливної установки без втручання обслуговуючого персоналу.

6. Система повинна подавати звукову та світлову сигналізацію про режими роботи водовідливної установки, а також виведення інформації на світлове табло оператора насосної станції про поточний рівень води у водозбірнику, наявність та види несправності водовідливної установки.

7. Система повинна передавати дані (при необхідності команди управління) у (від) промисловий комп'ютер на пульті управління гірничого диспетчера шахти для візуалізації роботи насосної станції та управління нею, формування бази даних, архівацію даних та за необхідності формування друкованих форм за певний період часу.

8. Система повинна керувати насосною станцією з урахуванням періодів максимального навантаження енергосистеми.

9. Система повинна здійснювати автоматичне регулювання подачі водовідливної установки.

10. Система повинна взаємодіяти через локальну промислову мережу з системами інших насосних станцій, якщо ці станції гідравлічно взаємопов'язані.

2. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ТА ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДОВІДЛИВОМ ШАХТИ

2.1 Обґрунтування способу узгодження режимів роботи насосних станцій за умови їх автоматичного керування

У роботі розглянуто технологічну схему водовідливу, що складається з дільничної насосної станції та головної насосної станції. Схема наведена рисунку 2.1.

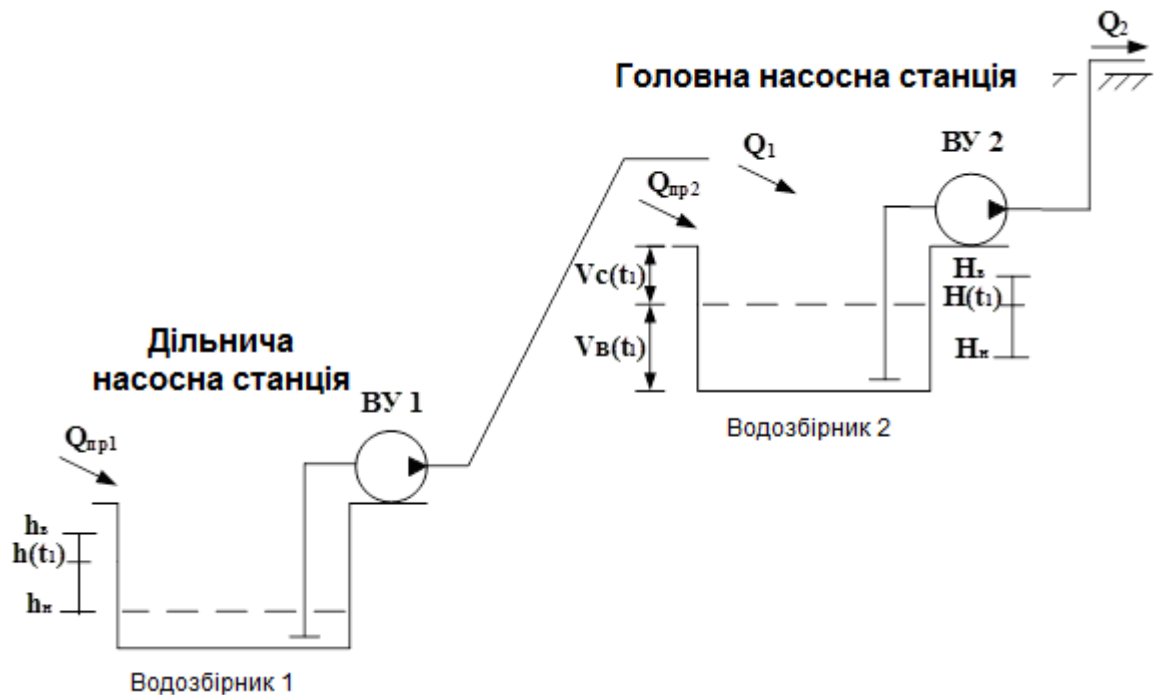


Рисунок 2.1 – Технологічна схема водовідливу шахти

На схемі позначено: ВУ1 — водовідливна установка дільничної насосної станції; ВУ2 — водовідливна установка головної насосної станції; Q_{np1} , Q_{np2} — приплив води безнапірним потоком у водозбірник відповідно дільничної та головної насосної станції; Q_1 , Q_2 — подача водовідливної установки відповідно дільничної та головної насосної станції; h_n , h_k , $h(t_1)$ — рівень води у водозбірнику дільничної насосної станції відповідно нижній,

верхній і проміжний на момент часу t_1 ; H_n , H_e , $H(t_1)$ — рівень води у водозбірнику головної насосної станції відповідно нижній, верхній і проміжний на момент часу t_1 .

Установка ВУ1 має систему автоматичного регулювання (САР) режиму роботи водовідливної установки.

Пропонується наступний спосіб автоматичного узгодження режимів роботи головної та дільничної насосних станцій водовідливу, у тому числі з урахуванням періоду T_{max} максимального навантаження у системі електропостачання шахти на добовому інтервалі часу.

Включення в роботу водовідливної установки ВУ2 поза періодом T_{max} здійснюється при досягненні поточного рівня води $H(t_1)$ у водозбірнику 2 рівня H_e або примусово за командою від верхнього рівня управління (диспетчер шахти). Включення в роботу водовідливної установки ВУ1 здійснюється за досягнення поточного рівня води $h(t_1)$ у водозбірнику 1 рівня h_e , за умови

$$H(t_1) < H_e. \quad (2.1)$$

Увімкнення установки ВУ1 проводиться на номінальний режим роботи.

Відключення водовідливної установки ВУ1 або ВУ2 поза періодом T_{max} здійснюється при досягненні поточного рівня води у відповідному водозбірнику нижнього рівня.

При настанні T_{max} , за значенням $H(t_1)$ визначається вільний об'єм $V_{eo}(t_1)$ водозбірника 1 як

$$V_{eo}(t_1) = V - V_e(t_1) \quad (2.2)$$

V — загальний обсяг водозбірника головної насосної станції;

$V_6(t_1)=H(t_1)S$ – заповнений водою обсяг водозбірника головної насосної станції на момент часу t_1 ;

S – площа водозбірника.

Далі обчислюється час заповнення водою T_3 водозбірника 2 об'ємом $V_{60}(t_1)$ як

$$T_3 = \frac{V_{60}(t_1)}{Q_{np2} + Q_1}. \quad (2.3)$$

Причому, якщо контроль величини Q_{np2} зазвичай відсутній, то враховуючи, що величина $Q_{np2} \ll Q_1$, значенням Q_{np1} можна знехтувати. Тоді з виразу (2.3) випливає, що значення T_3 визначає подача Q_1 водовідливної установки ВУ1.

Виходячи з вимог використання водовідливної установки ВУ2 як споживача регулятора необхідно, щоб установка ВУ2 в період часу T_{max} була вимкнена. Тоді має виконуватися умова

$$T_3 \geq T_{max}. \quad (2.4)$$

Використовуючи вираз (2.3), можна обчислити необхідне значення Q_1 і за допомогою САР змінити режим роботи водовідливної установки ВУ1 (зменшити подачу на розрахункову величину) на періоді T_{max} . При цьому водовідливна установка ВУ2 вимикається. Після часу T_{max} водовідливна установка ВУ1 переводиться на номінальний режим роботи.

Для моделювання зміни рівня води у водозбірнику 2 при різній подачі Q_1 розроблено програму в пакеті MathCAD. Наприклад, на рисунку 2.2 наведено графік зміни рівня води у водозбірнику головної насосної станції шахти (площа водозбірника $S=500 \text{ м}^2$) горизонту 229 м, який вода перекачується дільничною водовідливною установкою горизонту 758 м (тип

насоса ЦНС 300х600).

На рисунку 2.2 позначено: крива H_2 – зміна рівня води у водозбірнику головної насосної станції при номінальній подачі дільничної водовідливної установки $Q_1 = 300 \text{ м}^3/\text{год}$; крива H_1 – зміна рівня води у водозбірнику головної насосної станції при подачі дільничної водовідливної установки $Q_1=210 \text{ м}^3/\text{год}$; інтервал часу T_{31} – час заповнення водою водозбірника головної насосної станції без регулювання подачі водовідливної установки дільничної насосної станції; інтервал часу T_{32} – час заповнення водою водозбірника головної насосної станції з регулюванням подачі водовідливної установки насосної дільничної станції.

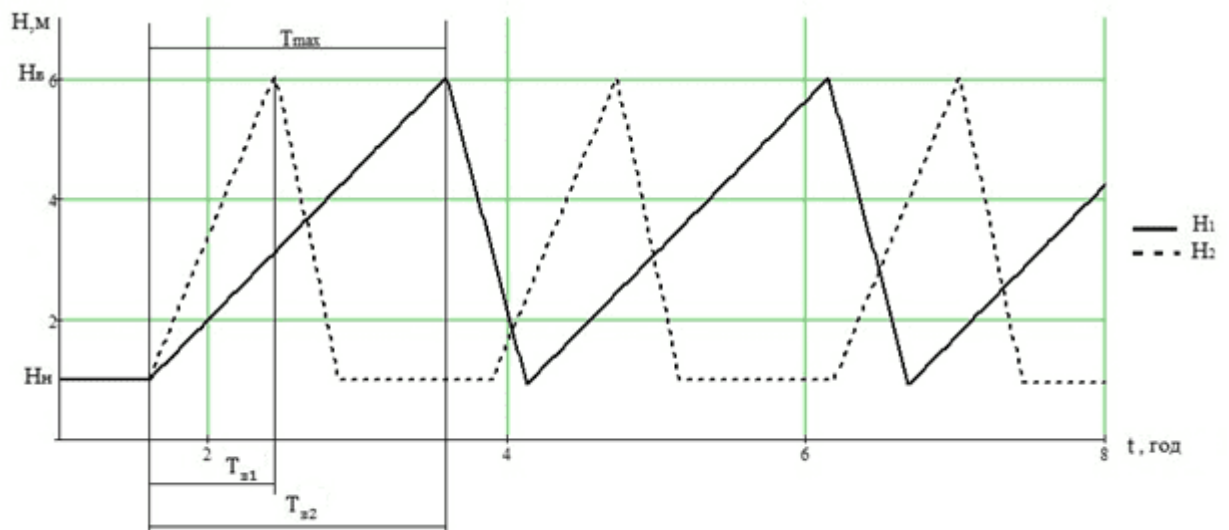


Рисунок 2.2 – Графік зміни рівня води у водозбірнику головної насосної станції

Як видно з наведеного графіка, при зниженні подачі водовідливної установки дільничної насосної станції зі значення $300 \text{ м}^3/\text{год}$ до значення $210 \text{ м}^3/\text{год}$ забезпечується можливість відключити водовідливну установку головної насосної станції на період максимального навантаження в системі електропостачання, тим самим знизити енергоспоживання шахти на величину встановленої потужності водовідливної установки головної насосної станції. Водозбірник головної насосної станції акумулюватиме воду,

що надходить з діляничної насосної станції без його переповнення.

2.2 Розрахунок параметрів САР водовідливної установки з керованою засувкою

Технологічна схема водовідливної установки з керованою засувкою наведена на рисунку 2.3.

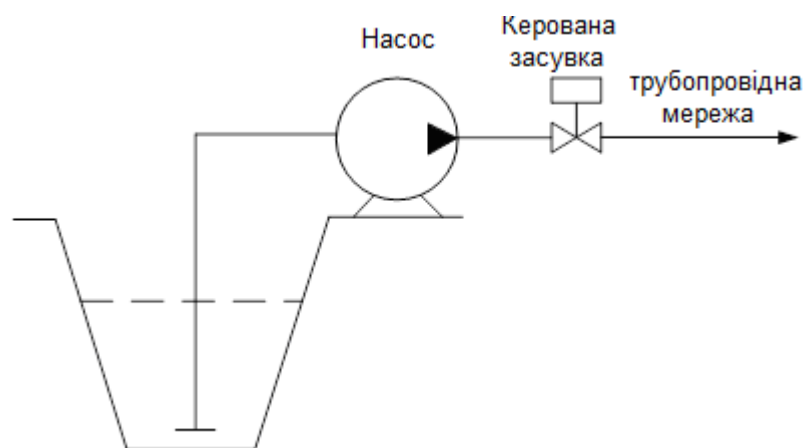


Рисунок 2.3 – Технологічна схема водовідливної установки з керованою засувкою

Функціональна схема системи САР водовідливної установки з керованою засувкою, встановленої на трубопроводі нагнітального водовідливної установки наведена на рисунку 2.4.

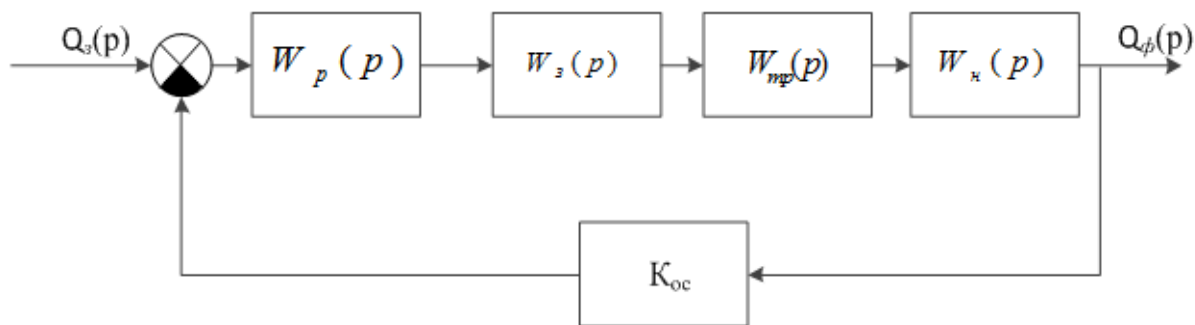


Рисунок 2.4 – Функціональна схема системи САР водовідливної установки з керованою засувкою

На рисунку 2.4 прийнято наступні позначення:

$W_3(p)$ – передавальна функція керованої засувки з електроприводом

$$W_3(p) = k_3 \frac{k_{np}}{p(T_m p + 1)}. \quad (2.5)$$

k_3 – коефіцієнт опору засувки, $k = 2,5$;

k_{np} – передавальний коефіцієнт електроприводу засувки (мм / В с), $k_{np} = 18$;

T_m – постійна часу, $T_m = 0,076$ с [15].

$W_{mp}(p)$ – передавальна функція трубопровідної мережі

$$W_{mp}(p) = \frac{k e^{-p\tau}}{Tp + 1} \quad (2.6)$$

k – передавальний коефіцієнт, $k = 0,009$;

T – постійна часу, $T = 23,55$ с;

τ – тимчасова затримка, $\tau = 2,045$ с [15].

$W_n(p)$ – передавальна функція насоса.

$$W_n(p) = \frac{k}{Ts + 1} \quad (2.7)$$

k – передавальний коефіцієнт, $k = 0,3$;

$Q_3(p)$ – задане значення подачі водовідливної установки, яке формується на верхньому рівні керування.

$Q_\phi(p)$ – фактичне значення подачі водовідливної установки.

K_{33} – коефіцієнт зворотного зв'язку, $K_{33} = 1$.

Структурна схема математичного опису системи САР водовідливної установки з керованою засувкою наведена на рисунку 2.5.

В результаті комп'ютерного моделювання роботи системи САР з різними типами регуляторів встановлено, що найбільш технічно прийнятним є ПІД-регулятор. При цьому отримано графік перехідного процесу, зображеного на рисунку 2.6.

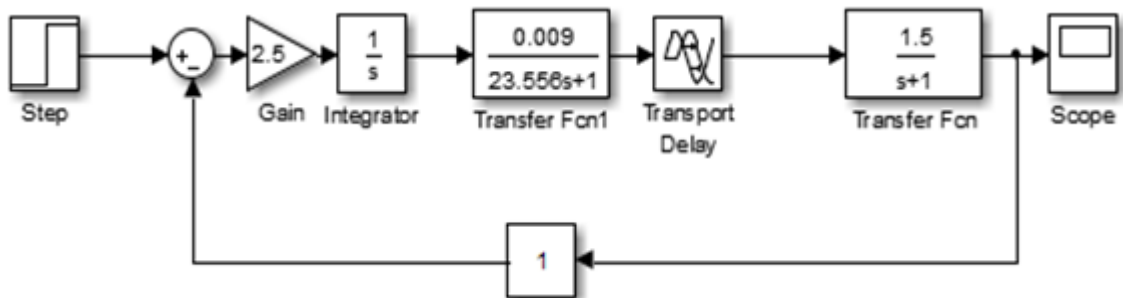


Рисунок 2.5 – Структурна схема математичного опису системи САР водовідливної установки з керованою засувкою

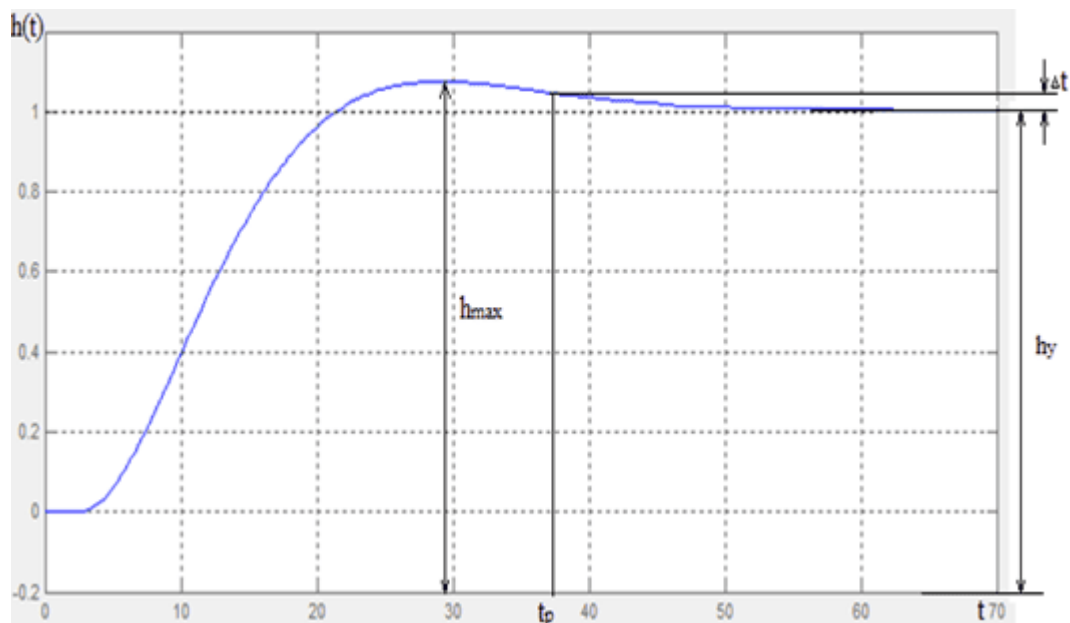


Рисунок 2.6 – Графік перехідного процесу в САР водовідливної установки з керованою засувкою

Відповідно до отриманого графіка визначено величину перерегулювання:

$$\delta = \frac{h_{max} - h_y}{h_y} \cdot 100\% = \frac{1,08 - 1}{1} \cdot 100\% = 8\% \quad (2.8)$$

Час перехідного процесу $t_p = 37,2$ с.

Таким чином, отримані показники якості системи САР водовідливної установки з засувкою, що управляється, задовольняють вимогам до процесу регулювання — процес стійкий, відсутні небезпечні коливання вихідної величини.

2.3 Розробка математичної моделі управління насосом у зоні промислового використання

У зв'язку зі зношенням деталей, вузлів і агрегатів водонасосної установки, внаслідок впливу на них агресивних факторів зовнішнього середовища таких як дрібні тверді домішки у воді, її лужний чи кислий хімічний склад, утворення нашарувань вапняку чи інших речовин на трубопроводі, режим роботи насосів з часом змінюється і потребує певних підлаштувань режиму для забезпечення надійної та економічної роботи.

Як було зазначено раніше, «робочий режим координат $Q - H$ (напір-подача) графічно визначається точкою перетину напірних характеристик насоса і трубопровідної мережі. Враховуючи, що погіршення робочих параметрів відбувається в результаті сукупної зміни характеристик насоса та трубопроводу, для визначення робочої точки необхідний контроль як мінімум двох параметрів: подачі та напору.

У період експлуатації з ряду причин відбувається відхилення режиму роботи насосів від нормального, змінюється при цьому подача і тиск. Найважливішим показником є зміна подачі» [6].

Як зазначалося раніше, також важливим показником роботи насосної установки є коефіцієнт корисної дії, що обмежується значеннями ККД:

$$\eta_{don} = (0,85 - 0,95) \cdot \eta_{maz}, \quad (2.9)$$

де η_{maz} – максимальне значення ККД.

Якщо робоче значення ККД насосу буде меншим ніж допустимий діапазон (2.9), режим роботи буде надто затратним по споживанню електроенергії.

На рисунку 2.7 наведено графік зміни напірних характеристик насоса та трубопровідної мережі, де Q , H – поточне значення відповідно до подачі та напору; $H_M = f(Q)$ – графіки напірних характеристик машини (насосу), $H_C = \varphi(Q)$ – графіки напірних характеристик трубопроводу; O – точка робочого режиму; Q_0 , Q_1 , Q_2 – відповідно робоча, мінімальна та максимальна подача насосу в робочій зоні (H_0, H_1, H_2) – робочий, мінімальний та максимальний напір насоса в робочій зоні.

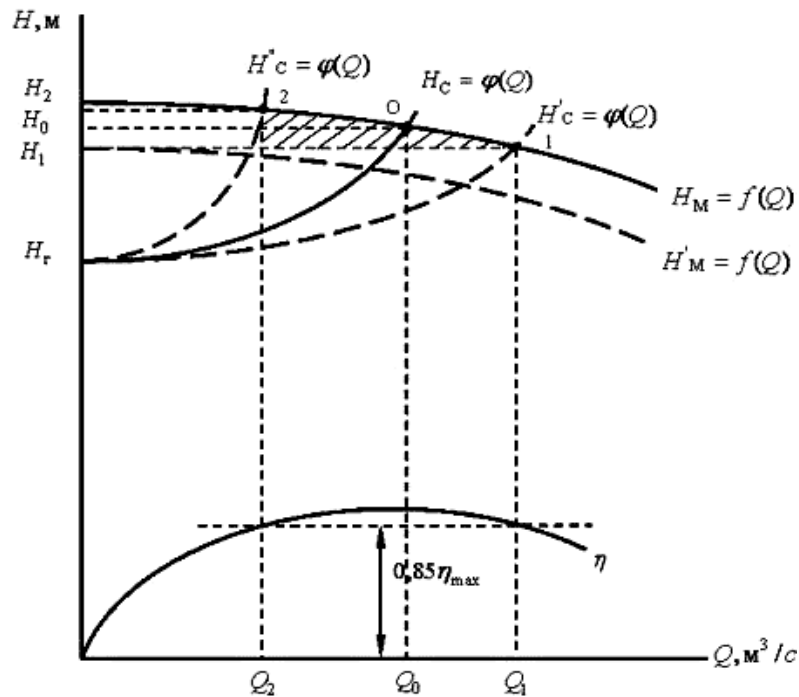


Рисунок 2.7 – Графік зміни напірних характеристик насоса та трубопровідної мережі

Заштрихована область, зі сторонами що проходять через точки 1 та 2, визначає робочу зону використання насоса. Права межа цієї області (точка 1) критична границя, правіше якої збільшується небезпека можливого виникнення кавітаційних режимів насосної установки, а ліва (точка 2) – нижня границя, лівіше якої у насосної установки знижується ККД до неприпустимого зниження.

Забезпечення режиму роботи насоса у вказаних межах робочих характеристики є необхідною, але недостатньою умовою його ефективної роботи.

«Потрібно також уникати виникнення кавітації у потоці води у всмоктуючому трубопроводі, підвідному патрубку і на вході робочого колеса.. Основною причиною кавітації є локальне зниження тиску нижче критичного значення внаслідок високої швидкості руху рідини або звукова хвиля. Кавітаційні бульбашки, утворені локальним зниженням тиску рідини, у разі підвищення тиску різко захлопуються. Причому процес утворення та зростання порожнин відбувається відносно повільно, тоді як схлопування протікає із надзвуковою швидкістю, породжуючи ударну хвилю» [11].

При захлопуванні бульбашок тиск може досягає десятків і навіть сотень тисяч атмосфер, він зростає настільки різко і відбувається вибухоподібно так, що поверхні твердих тіл, тобто робочі деталі в кавітаційній зоні не витримують і піддаються руйнуванню.

Кавітацію супроводжує низка небажаних явищ:

- ерозія матеріалу стінок – бульбашки пари, що утворилися, потрапляючи в область підвищених тисків, миттєво конденсуються, при змиканні оточуючі бульбашку частинки рідини рухаються з прискоренням на зустріч до центру бульбашки, і при зіткненні створюють миттєве місцеве підвищення тиску, яке може досягати набагато значень в порівнянні з робочим тиском.

Такі явища кавітації на робочих поверхнях деталей насосу та трубопроводів призводять до:

- сильних ударів,
- видавлювання,
- руйнування матеріалів стінок;
- підвищення вібрації, що веде до підвищеного зношування підшипників;
- швидкої корозії поверхонь робочих деталей насоса в наслідок виділення парів хімічно активної рідини;
- звуження прохідного перерізу підвідних трубопроводів, і повного зриву роботи насосів при активному холодному кипінні, що пов'язано з виділенням розчинених газів з рідини, при проходженні нею області вакууму, у тому числі і повітря.

Якщо при експлуатації водовідливних установок не виконані умови нормальної роботи (насоси дають подачу, відмінну від заданої, або двигун перевантажений), то насоси необхідно регулювати.

Усі способи регулювання зводяться до зміни напірних характеристик машин та мережі. Регулювання відцентрових насосів може здійснюватися за постійної окружної швидкості та її зміни.

В даний час найбільшого поширення в шахтній практиці використовуються «два основні способи регулювання режиму роботи насоса: регулювання основної (запірної) засувки та зміна кількості обертів валу агрегату. Регулює основну (запірну) засувку на виході з насоса (на початку напірної лінії). Відомо, що кожна насосна установка на виході повинна мати запірну засувку» [7].

Запуск насосної установки може здійснюватися при повністю закритій запірній засувці. Однак ця засувка може також використовуватися як регулюючий орган для зміни подачі і напору в процесі експлуатації. У разі

відкриття засувки, подача Q зростає, але одночасно зростає потужність насосу, величина якої обмежена потужністю приводу.

Якщо засувка прикрита, то погіршується гідравлічний режим роботи насоса, і в ньому з'являються зворотні струмені рідини, вібрація і шум, що приводить до нагрівання всього агрегату і проточного тракту. Звичайно, всі ці відхилення, викликані дроселюванням вихідної засувки, спричиняють втрати енергії. Зміна кількості обертів валу агрегату, що досягається шляхом застосування спеціальних пристроїв (типу теристорних перетворювачів частоти), дозволяють змінювати кількість обертів валу електродвигуна.

Цей спосіб значно здорожчує та ускладнює обслуговування установки, але дозволяє при різних кількостях обертів зберегти подібність характеристик насосу, в яких зміна подачі, напору та потужності пропорційні першій, другій та третій степені зміни обертів. Також цей спосіб потребує контролю допустимих максимальних значень параметрів H_{max} , N_{max} та Q_{max} .

В даному проекті для управління насосною установкою, щоб забезпечити значення технологічних параметрів в зоні робочих діапазонів обрано спосіб регулювання за допомогою дроселювання потоку [8].

Надалі планується також спроектувати пристрій керування насосною установкою у зоні промислового використання насоса зміною швидкості обертання валу двигуна насоса, порівняти їх та вибрати найбільш доцільний. Однак спочатку можна стверджувати, що найбільш ефективним і економічним є другий спосіб управління.

Застосування частотно-регульованого приводу одним (або декількома при роботі на різні водоводи) насосним агрегатом в більшості випадків приносить додаткову економію електроенергії за рахунок оптимальної роботи системи двигун-насос-трубопровід. Однією з головних переваг використання регульованого електроприводу насосних агрегатів є

можливість адаптації характеристик до гідравлічної мережі за допомогою вибору раціональної номінальної швидкості обертання робочого колеса, що відповідає основному режиму роботи установки.

При цьому номінальна швидкість може бути як вищою, так і нижчою за стандартне значення. Більшість насосів та насосних станцій працюють або об'єктивно повинні працювати зі змінною продуктивністю. Гідравлічні методи не економічні і не дозволяють автоматизованого регулювання.

На рисунку 2.8 представлено регулювання роботи насосів двома способами: дроселювання потоку і зміною швидкості обертання валу двигуна насоса.

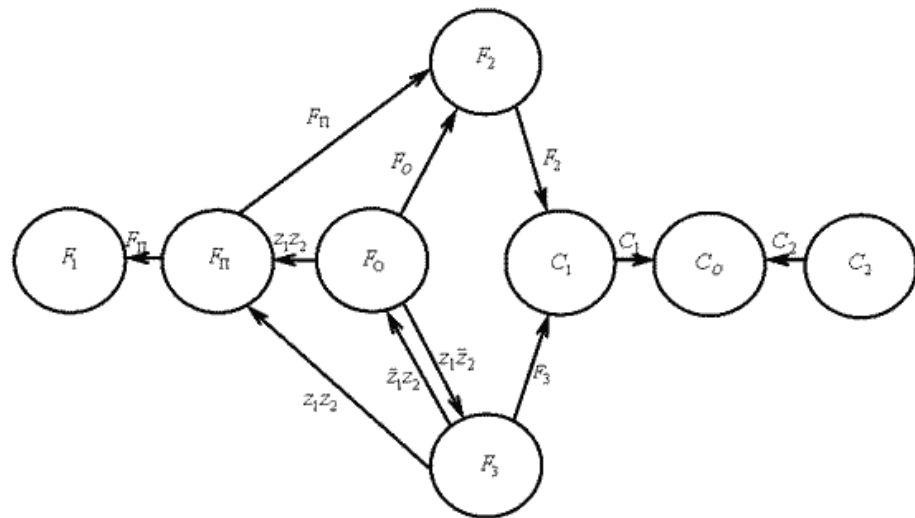


Рисунок 2.8 – Анімація регулювання роботи насосів двома способами: дроселювання потоку та зміною швидкості обертання валу двигуна насоса (12 кадрів, 8 циклів повторення)

У ході досліджень отримано також математичну модель управління насосом у зоні промислового використання дроселювання потоку. Маючи напірні характеристиками насоса H_m і мережі H_c , залежність зміни місцевого гідравлічного опору ξ від від степені відкриття заслінки, а також характеристику підвідного трубопроводу $H_{вак}$, і кавітаційну характеристикою насоса, можна визначити координати робочого режиму. В

результаті отримаємо графік зміни характеристик трубопровідної мережі на межах робочої зони насоса (при різних значеннях висот водопідйому) в умовах безкавітаційної роботи установки, що наведений на рисунку 2.9.

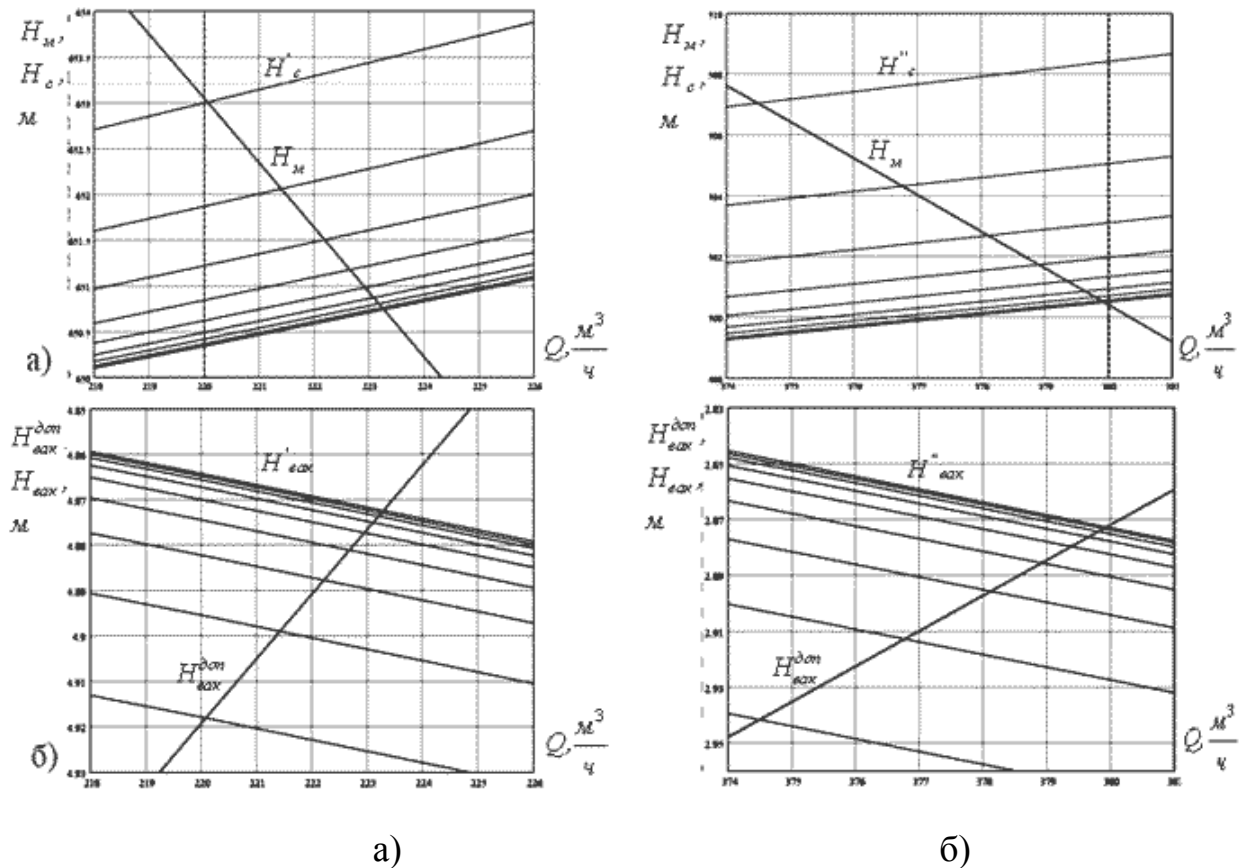
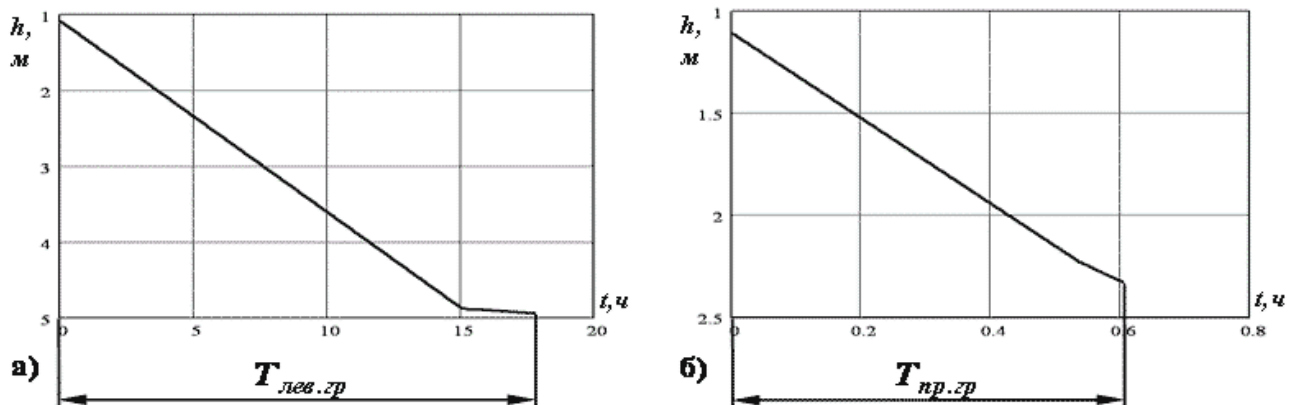


Рисунок 2.9 – Графіки зміни напірних характеристик
 а) – напірних характеристик трубопровідної мережі при різних значеннях висот водопідйому;
 б) – $H_{\text{вак}}$ при умові безкавітаційної роботи установки.

Побудовані на рисунку 2.9 графіки відображають залежність значення подачі насоса Q від степеня відкриття заслінки прохідного вентиля, та відповідну зміну рівня води h у водозбірнику. Виходячи з цих даних можна побудувати графіків залежностей зміни рівня води у часі направій і лівій границі робочого діапазону насосу.

Як видно з графіків на рисунку 2.10, на правій границі робочої зони робота насосної установки є більш ефективнішою, так як час, за який насос відкачує воду з 1,1 до 2,151 м рівний $T_{пр.зг} = 0,603 год$, менший, ніж час, протягом якого насос відкачає воду з 1,1 до 4,648 м, що дорівнює $T_{лів.зг} = 17,741 год$.



а) – Графіки зміни рівня води у водозбірнику на лівій межі робочої зони;

б) – Графіки зміни рівня води у водозбірнику на правій межі робочої зони

Рисунок 2.10 – Графіки зміни рівня води у водозбірнику

На основі отриманої моделі в подальшому визначаються керуючі впливи для управління подачею насосної установки для забезпечення її роботи в оптимальному режимі.

2.4 Дослідження перехідних процесів при регулюванні насосної установки

При експлуатації водовідливних установок, особливо при великій висоті нагнітання, виникає небезпека пошкодження стінок нагнітальних трубопроводів в наслідок підвищені тиску через можливість виникнення

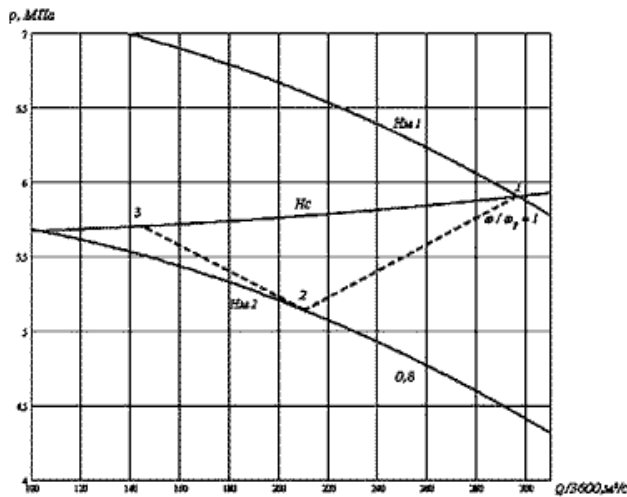
гідравлічного удару спричиненого зміною швидкості руху води. «Як показують розрахунки та підтверджують результати натурних експериментів, а також досвід експлуатації, у шахтних водовідливних установках при гідравлічних ударах можливе значне підвищення тиску на 4...5 МПа вище робочого» [2].

Це може викликати прорив труб або викликати їх деформацію, особливо на вертикальних ділянках трубопроводу, розгерметизацію відкачувальної системи через вихід з ладу запірної арматури, фланцевих або інших вузлів чи елементів установки. Велику небезпеку аварій у водовідливних установках може спричинити коливальний характер зміни тиску при гідроударах. За певних умов можуть виникнути резонансні явища, що є особливо небезпечним для вертикального остову.

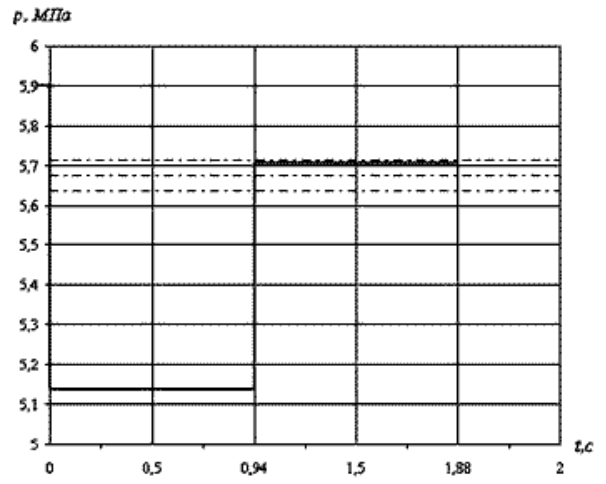
«Дослідженнями встановлено, що спектр власних частот коливань окремих елементів значною мірою залежить від моменту інерції поперечного перерізу труби, який у процесі експлуатації через корозію змінюється у широкому діапазоні.

За даними розрахунків в процесі старіння трубопроводу настане момент, коли власна частота збігається з частотою коливань тиску при гідравлічному ударі. Для усунення цього небажаного явища на водовідливних установках необхідно провести протиударні заходи». [16].

Для недопущення коливальних процесів тиску в шахтній системі водовідливу на практиці застосовують один з двох способів регулювання подачі насосної установки. Перший – це зміна швидкості обертання валу приводу насоса. А другий – дроселювання потоку за допомогою засувки. Для визначення гідравлічного удару використовується графоаналітичний метод розрахунку. Для здійснення такого розрахунку потрібно побудувати характеристики подачі водовідливної установки (рисунки 2.11 та 2.12).

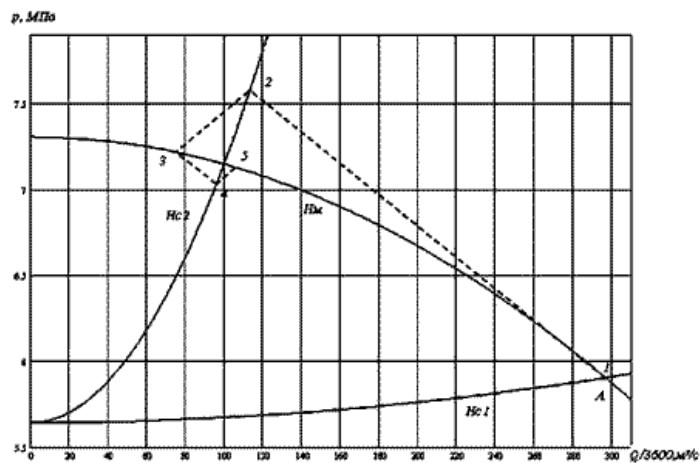


а) – приклад графічного розрахунку;

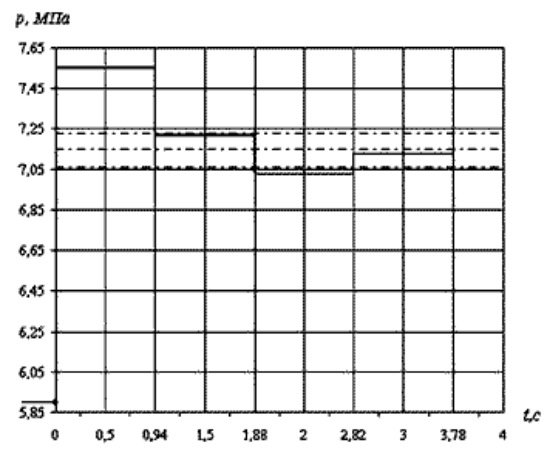


б) – графік зміни тиску в часі

Рисунок 2.11 – Графоаналітичний розрахунок коливань тиску при зміні швидкості обертання двигуна насоса.



а) – графічний розрахунок;



б) – графік зміни тиску в часі

Рисунок 2.12 – Графоаналітичний розрахунок коливань тиску при дроселюванні потоку

З аналізу отриманих графіків випливає, що регулювання буде найбільш ефективним при зміні швидкості обертання валу приводу насоса, оскільки тоді приріст тиску, при першому повному відбиванні ударної хвилі відбувається за $t = 0,94$ с, становить $\Delta p = 0,76$ МПа, а при дроселюванні потоку – $\Delta p = 1,65$ МПа. Час загасання перехідного процесу становить $t_{зам} = 1,5$ с – при зміні швидкості обертання валу приводу насоса і $t_{зам} = 3$ с – при дроселюванні потоку.

3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ТА АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ВОДОВІДЛИВНОЮ УСТАНОВКОЮ

3.1 Алгоритм управління насосними установками

Блок-схема алгоритму управління водовідливною установкою представлена на рисунку 3.1, де потовщеними лініями вказані функції блоку управління насосною.

Записані в блоках операції та логічні умови відповідають реалізації математичної моделі управління роботою насосу в зоні робочих параметрів та високо значення ККД.

При розробці алгоритму роботи пристрою управління насосом (ПУН), задана наступна ініціалізація вхідних сигналів, проміжних і вихідних команд:

– вхідні сигнали: $Q \leq Q_1 := x_1$ – при чому значення Q повинно бути лівіше від правої границі робочої зони; і в той же час $Q \geq Q_2 := x_2$ – значення Q повинно бути правіше лівої границі робочої зони; $H_1^0 = 0,9H_1$ – керуючий вплив за нижньою границею робочої зони; $H_2^0 = 0,9H_2$ – керуючий вплив за верхньою границею робочої зони; $H \geq H_1^0 := y_1$, $H \leq H_2^0 := y_2$ – значення H повинно знаходитися в діапазоні допустимого значення; z_1 – відповідає знаходженню КВВ у замкнутому положенні; z_2 – відповідає положенню КВЗ у замкнутому стані;

– сигналізація: позначення C_1 відповідає положенню засувки в крайніх станах; позначення C_2 – відповідає сигналізації про неможливість регулювання H ; позначення C_0 – відповідає сигналізації про відключення насосу;

- Функції управління: F_1 – відкривання засувки; F_2 – закривання засувки;
- проміжні функції: F_0 – повністю відкривання засувки; F_3 – повне закривання засувки; F_n – відкривання засувки до певного проміжного стану.

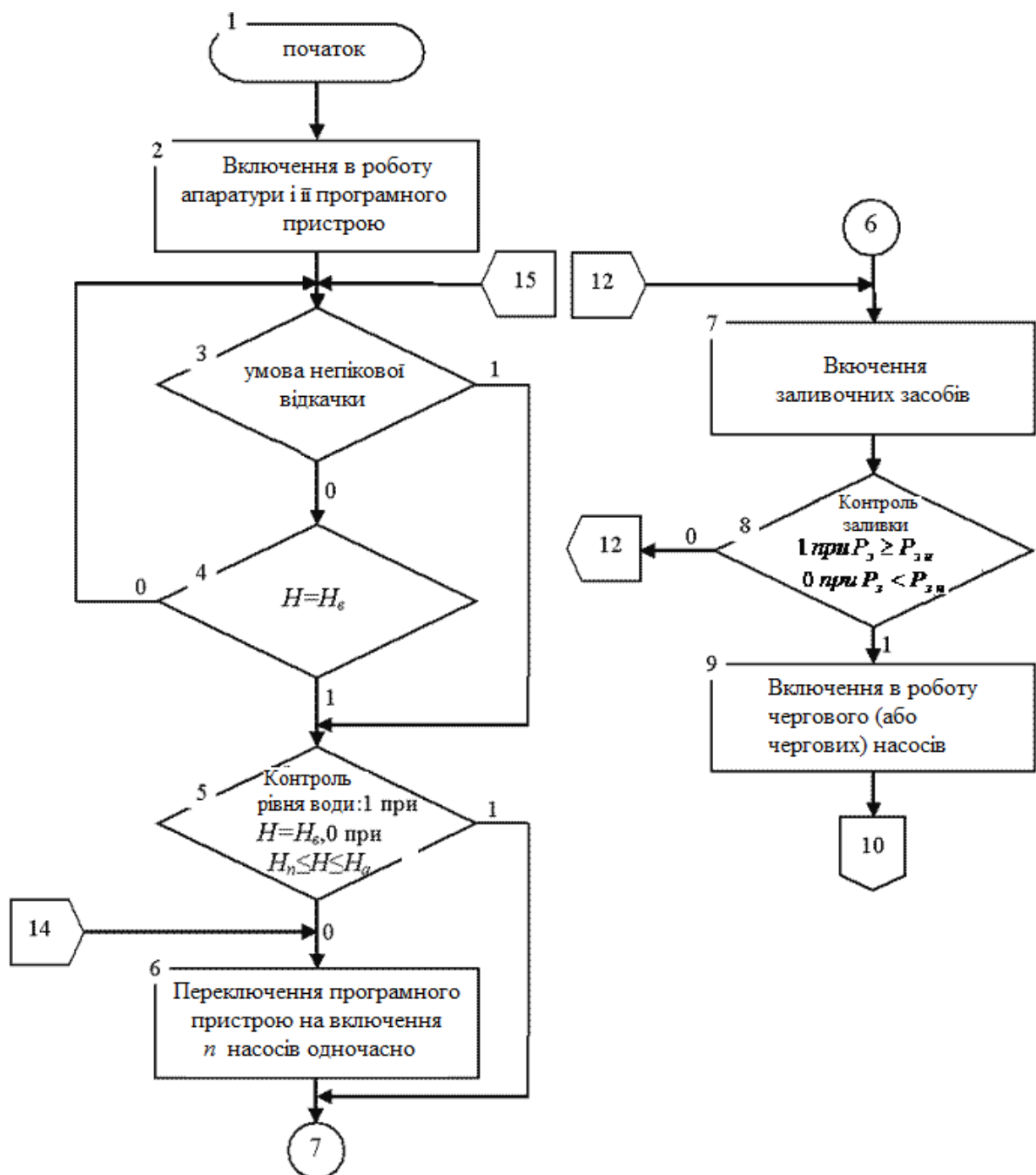


Рисунок 3.1 (а) – Блок-схема алгоритму управління водовідливною установкою

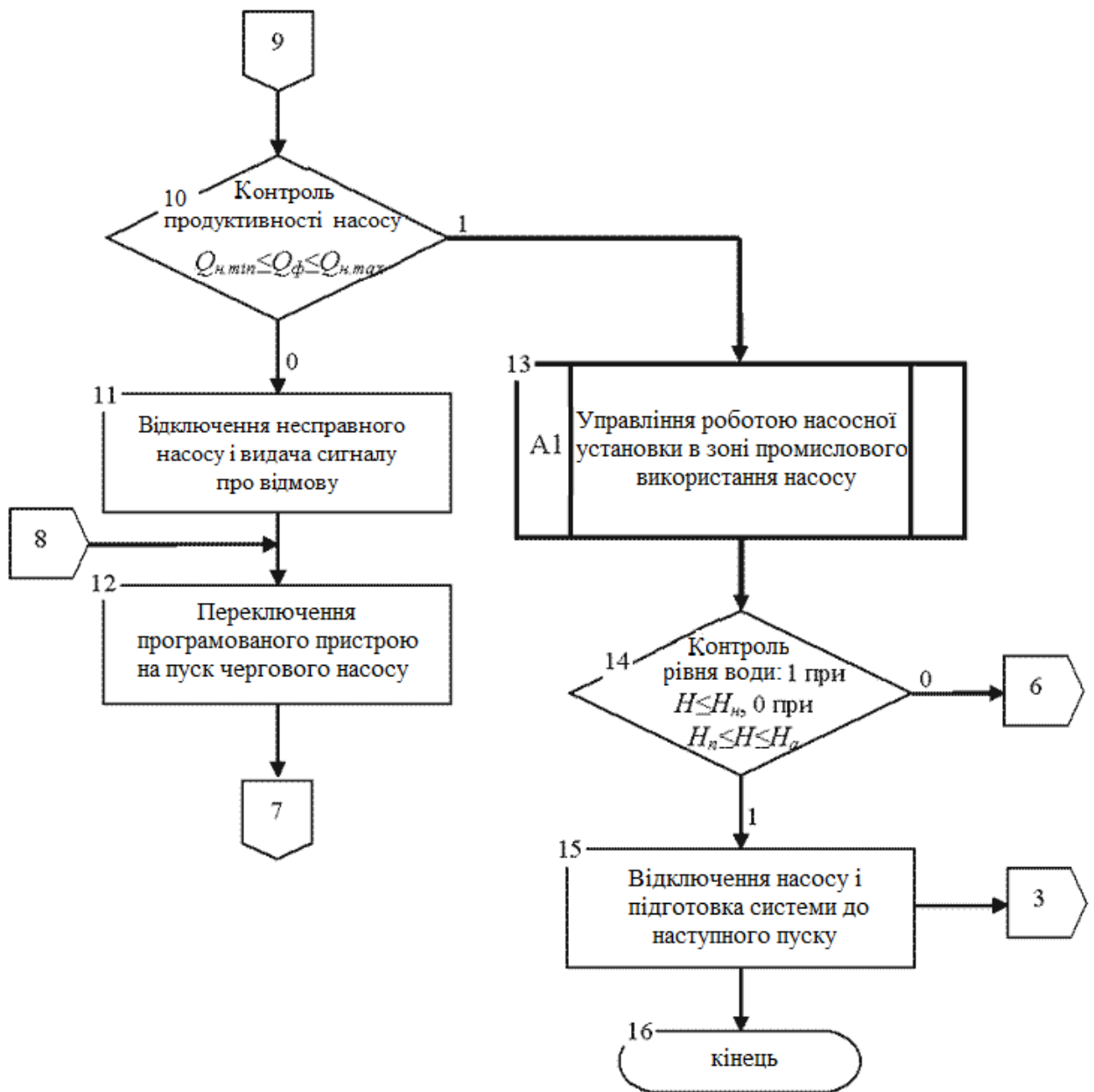


Рисунок 3.1, б – Блок-схема алгоритму керування водовідливною установкою

Згідно представленого на рисунках 3.1, а і 3.1, б алгоритму функціонування ПУН змінні сигналізації та функції пов'язані наступними виразами:

– проміжні функції:

$$F_0 = z_1 \cdot z_2, \quad F_n = z_1 \cdot z_2, \quad F_3 = z_1 \cdot z_2, \quad (2.2)$$

– функції управління:

$$F_1 = z_1 \cdot x_2 \cdot y_2 \cdot F_n \cdot F_2 = x_1 \cdot y_2 (F_0 \cdot F_n), \quad (2.3)$$

– сигналізація:

$$\begin{aligned} 1 \text{ при } P_3 \geq P_{3н} \quad 0 \text{ при } P_3 < P_{3н} \\ C_1 = F_2 \cdot F_3, \quad C_2 = y_1 \cdot (x_2 + x_1) + x_1 \cdot y_2, \quad C_0 = C_1 | + C_2 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Граф станів розроблюваного пристрою керування насосною установкою у зоні промислового використання насоса УНЗ наведено рисунку 3.2.

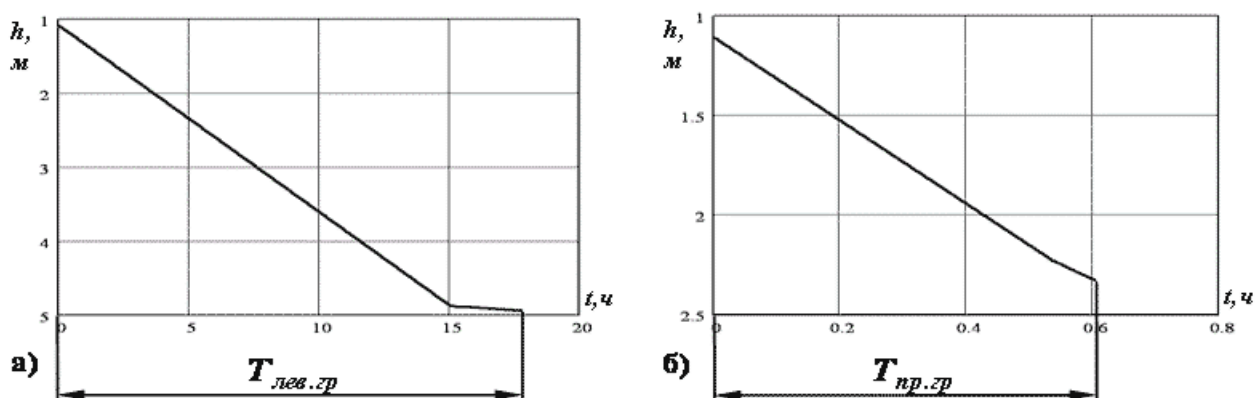


Рисунок 3.2 – Граф станів пристрою, що розробляється

3.2 Обґрунтування та розробка схемотехнічного рішення пристрою автоматизованого управління роботою насосу

Запропонована структурна схема вдосконаленої апаратури ВАВ.1М представлена на рисунку 3.3. Як зазначалося в попередньому розділі,

розроблювана САУ базується на серійній системі управління ВАВ.1М, з додаванням блоку пристрою управлінням насосом (ПУН), що дозволяє працювати насосу в більш ефективному режимі (рисунок 3.3).

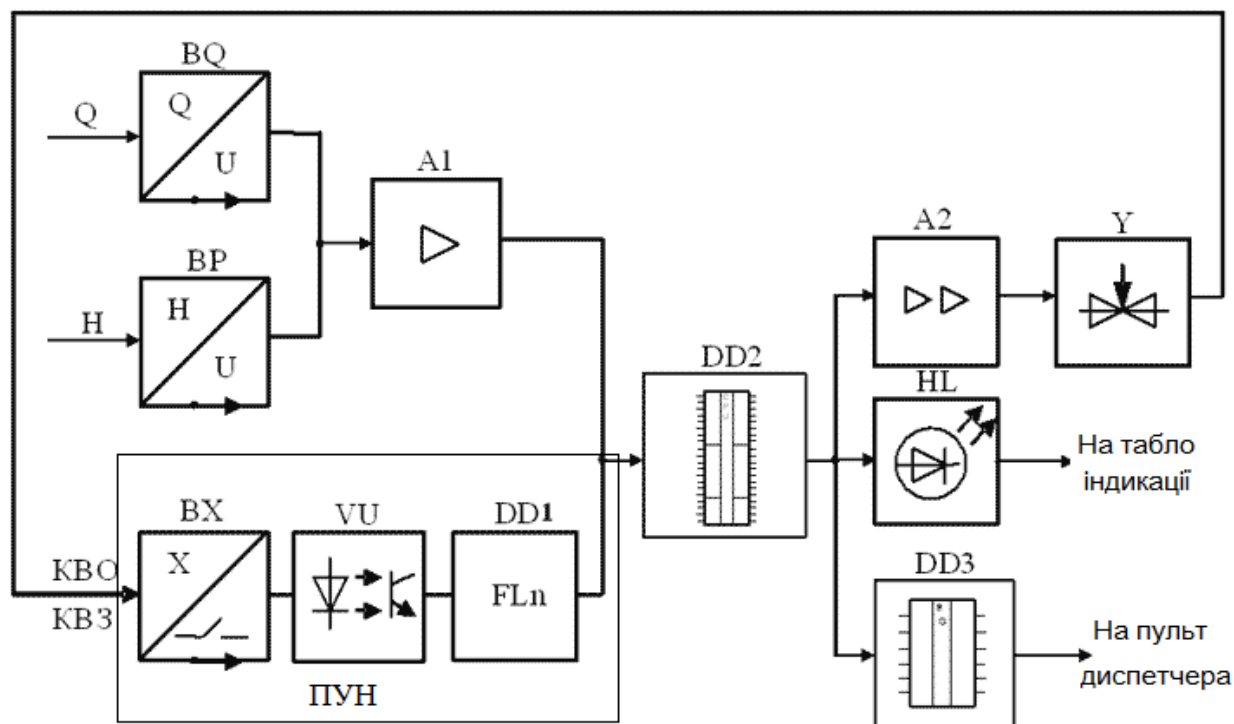


Рисунок 3.3 – Структурна схема вдосконаленої апаратури ВАВ.1М

Розробка структурної схеми проектного пристрою управління насосом водовідливної установки. Структурна схема пристрою управління насосною установкою в зоні промислового використання насоса УНЗ наведена на рисунку 3.4, де прийняті такі позначення:

- АТ– аналогові дані; ДД – дискретні (цифрові) дані;
- САС – схема узгодження аналогових сигналів з мікроконтролером МК;
- СДС – схема узгодження дискретних сигналів з мікроконтролером МК;
- БУМ – блок узгодження мікроконтролера з виконавчим механізмом ВМ;
- БСІ – блок світло індикації;
- УЗ – пристрій з'єднання мікроконтролера з пультом диспетчера.

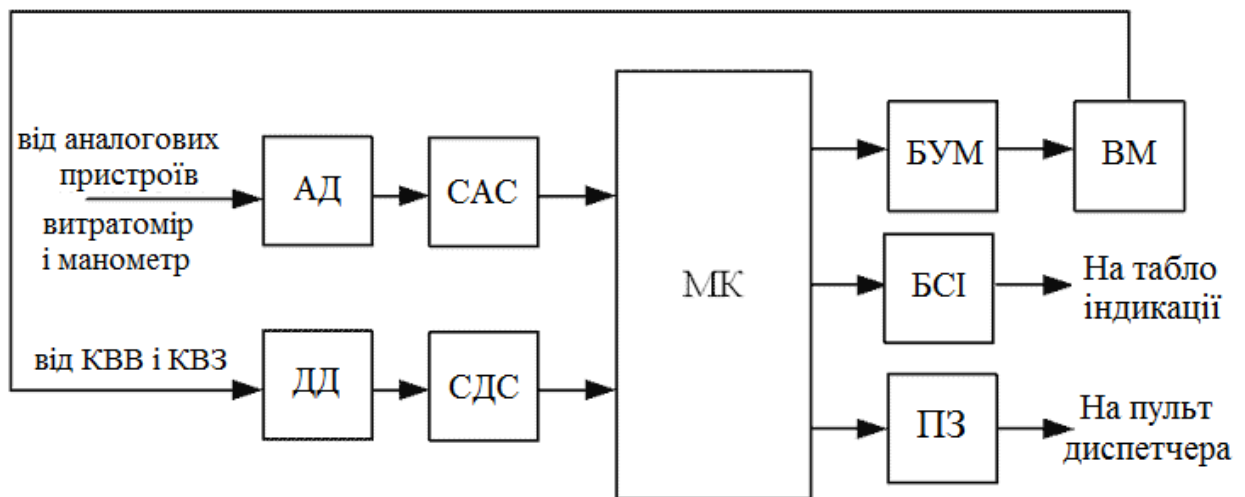


Рисунок 3.4 – Структурна схема пристрою управління насосом.

Вхідними даними для ПУН є сигнали від аналогових датчиків АД: витратоміра, встановленого на трубопроводі, і манометра, встановленого на напірному патрубку насоса, і сигнали від дискретних датчиків ДД: кінцевого вимикача відкритого стану засувки (КВВ) і кінцевого вимикача закритого стану засувки (КВЗ). Головним елементом ПУН є мікроконтроллер, який виконує обробку вхідних даних за алгоритмом, представленим вище, і генерує відповідні управляючі сигнали для виконавчого механізму ВМ за посередництвом блоку узгодження мікроконтролера (БУМ) з виконавчим механізмом.

Також мікроконтроллер, крім реалізації алгоритму управління, додатково контролює ряд параметрів та генерує відповідні сигнали тривоги при виході їх значень за межі робочого діапазону і через блок світло індикації (БСІ) включає відповідні попереджувальні повідомлення на табло індикації.

Мікроконтроллер здійснює не тільки світлову індикацію, а може видавати більш детальні дані про стан обладнання та значень технологічних параметрів і режиму роботи насосної установки на пульт диспетчера (ПД).

Завдяки цьому оператор має можливість в будь-який момент бачити в стан насосної установки і приймати відповідні рішення про втручання, якщо це необхідно. «Схеми узгодження вхідних аналогових і дискретних сигналів призначені для приведення сигналів від різних пристроїв до стандартних параметрів сигналів логічних рівнів прийнятних для мікроконтролера, а також для гальванічної розв'язки живлення вихідних ланцюгів датчиків і входу мікроконтролера» [19, 21].

«У схемі узгодження аналогових сигналів СУС використані компаратори, призначені для порівняння сигналів, а дискретних СДС – оптрони, які завдяки невеликим розмірам набули широкого поширення при розробці різних пристроїв сполучення» [19-21].

Для запропонованого пристрою вирішено використати мікроконтролер серії AT90S8535 (ATmega16), який служить для обробки вхідних сигналів та формування відповідних команд управління положенням засувки, який повністю задовольняє за обчислювальними потужностями та комутаційними входами-виходами, для реалізації алгоритму управління. При цьому немає потреби використовувати промислові програмовані логічні контролери (ПЛК), вартість яких на порядок вища.

«Мікроконтролер AT90LS8535 фірми Atmel, що відноситься до AVR-родини 8-розрядних RISC-мікроконтролерів (рисунок 3.5). Архітектура даного мікроконтролера включає 8кБ флеш-пам'яті програм, що завантажується; 512 байт ОЗП; 512 байт EEPROM; 32 ліній введення/виведення загального призначення; восьмиканальний десятирозрядний АЦП; програмований універсальний послідовний порт; SPI послідовний порт для завантаження програм.

Флеш-пам'ять, що завантажується, на кристалі може бути перепрограмована прямо в системі через послідовний інтерфейс SPI або доступним програматором енергонезалежної пам'яті. Мікроконтролери AVR мають такі основні характеристики:

–швидка гарвардська RISC-архітектура завантаження та виконання більшості інструкцій протягом одного циклу тактового генератора, при цьому досягається швидкість роботи приблизно 1 MIPS на МГц (MIPS – Millions Instructions per Second – мільйон операцій на секунду), відсутній внутрішній поділ частоти;

- програми містяться в постійній пам'яті програм FLASH ROM, що електрично перепрограмується. Ця пам'ять може бути перепрограмована до 1000 разів» [24].

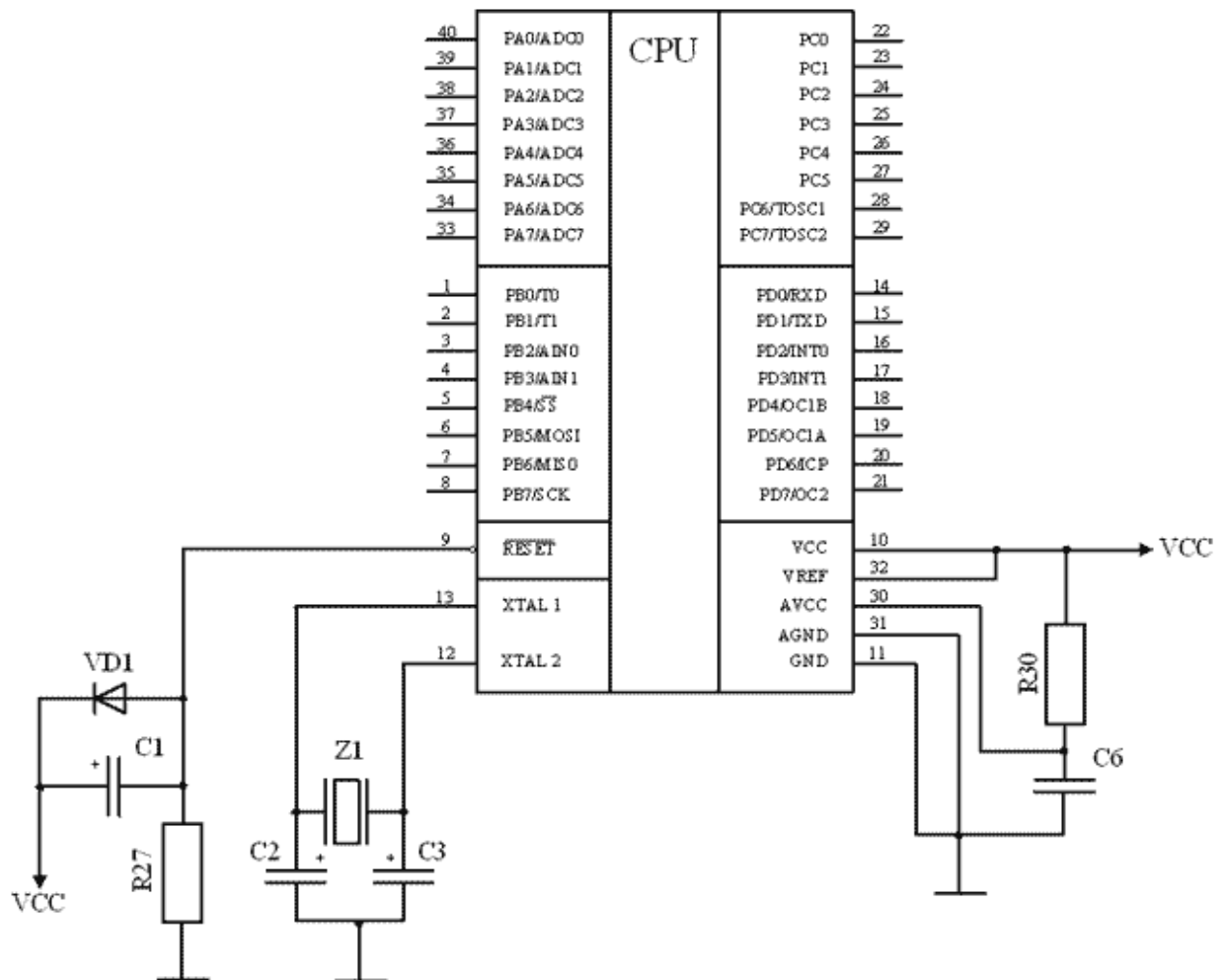


Рисунок 3.5 – Схема мікроконтролера AT90S8535 з ланцюгом підключення кварцового тактового генератора та скидання мікроконтроллера по входу Reset

Це полегшує налаштування та налагодження систем. Крім того, можливість внутрішньосхемного програмування дозволяє не виймати мікроконтролер із цільової схеми, а перепрограмувати його на місці, що значно пришвидшує обслуговування системи в цілому.

Основні характеристики, система команд, інтерфейси, схеми підключення, опис входів і виходів та інша інформація про контроллер АТ90S8535 (АТmega16) наведені в [24].

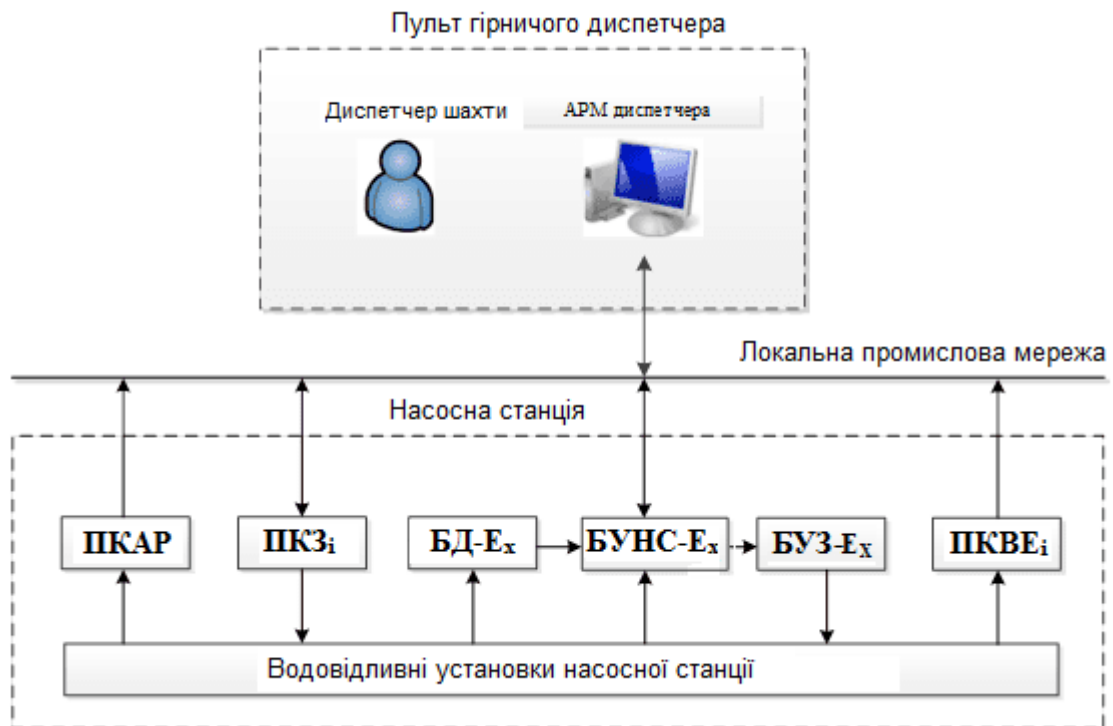
Блок світлоіндикації БСІ призначений для сигналізації про нештатні стани насосної установки. Узгодження БСІ з МК не потрібно, так як вихідні порти мікроконтроллера забезпечують достатню потужність для живлення напівпровідникових світлодіодів, за допомогою яких здійснюється світлова індикація.

Як виконавчий механізм ВМ використовується дроселюючий орган – «засувка, приводний шток з двома кінцевими вимикачами КВВ, КВЗ, призначеними для фіксації робочого органу засувки в крайніх положеннях з можливістю встановлення його в будь-якому проміжному положенні за сигналами, що надходять з виходу формувача керуючих команд» [3] – мікроконтроллера розробленого пристрою.

3.3 Розробка схемотехнічних рішень щодо системи автоматичного управління насосною станцією водовідливу шахти

У роботі розроблено структурну схему системи автоматичного управління насосною станцією водовідливу шахти для головної насосної станції, яка наведена на рисунку 3.7.

У роботі також розроблено структурну схему системи автоматичного управління дільничною насосною станцією водовідливу шахти для дільничної насосної станції, яка наведена на рисунку 3.8.



ПКАР – пристрій автоматичного контролю аналогового рівня води;

ПКЗ_і пристрій кавітаційного захисту водовідливної установки;

БД-Е_х – блок датчиків;

БУНС-Е_х – блок управління насосною станцією;

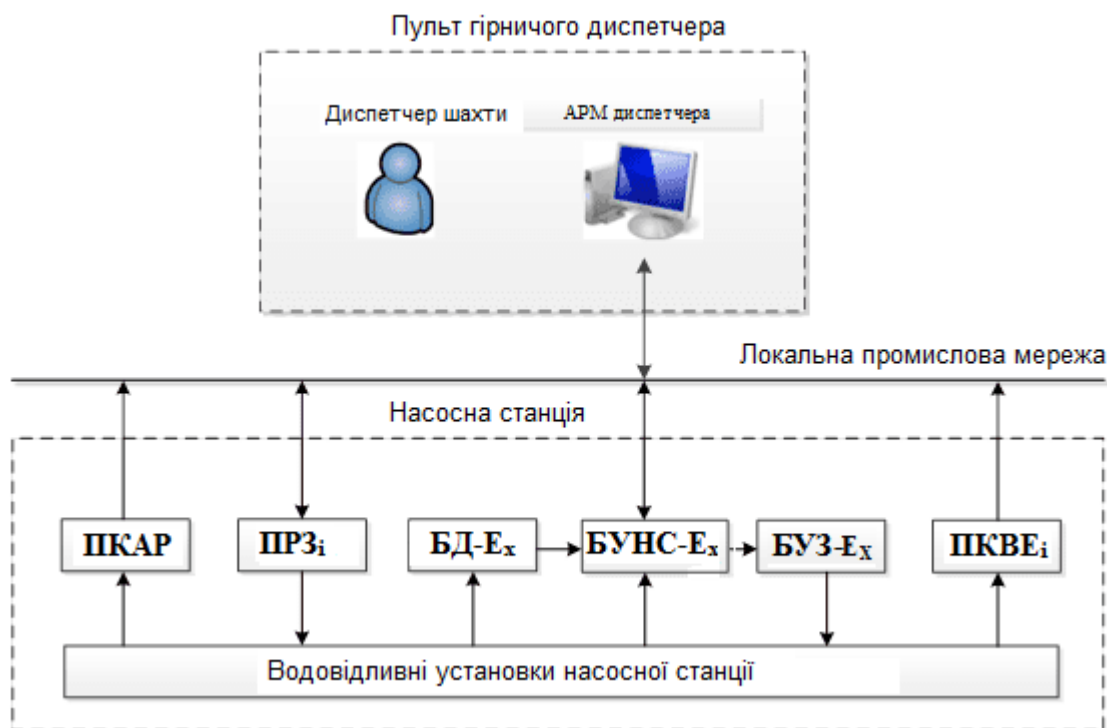
БУЗ-Е_х – блок управління засувками;

ПКВЕ_і – пристрій контролю витрати електроенергії

Рисунок 3.7 – Структурна схема системи автоматичного керування насосною станцією водовідливу шахти для головної насосної станції

Як базова апаратура для системи автоматичного управління насосної станції водовідливу шахти прийнята апаратура АСУ Водовідлив. Також до складу системи входять пристрої: ПКАР – пристрій автоматичного контролю аналогового рівня води у водозбірнику (1шт. на станцію); ПКЗ_і – пристрій автоматичного регулювання засувки (1шт. на кожну і-у водовідливну установку); ПКЗ – пристрій автоматичного захисту водовідливної установки від кавітації (1шт. на кожну і-ю водовідливну установку); ПКВЕ_і – пристрій

контролю витрати електроенергії водовідливною установкою (1шт. на кожну і-у водовідливну установку).



ПРЗ_і – пристрій автоматичного регулювання засувки

Рисунок 3.8 – Структурна схема системи автоматичного керування насосною станцією водовідливу шахти для дільничної насосної станції

Апаратура САУ водовідливу призначена для застосування на діючих, реконструйованих і шахтах, що будуються, небезпечних по газу і пилу, раптовим викидам вугілля, газу, і забезпечує, в типовому варіанті, автоматичне управління до чотирьох насосів з двигунами високої і низької напруги [10]. Кількість керованих насосів, за потреби, може бути збільшена.

Апаратура САУ водовідливу забезпечує:

- режими управління: автоматичний (з можливістю дистанційного пуску та зупинки), ручний (напівавтоматичний, з шафи автоматики) та аварійний (пряме управління виконавчими механізмами водовідливу);
- автоматичне керування роботою насосних агрегатів у функції рівня

води;

- автоматичне включення резервного насоса при відмові роточного робочого насосу;
- почергову роботу насосів для їх рівномірнішого зношення ;
- визначену технологічним процесом послідовність запуску насосів при їх паралельній роботі та послідовність їх зупинки;
- неможливість включення у роботу несправного насоса;
- корекцію графіка робіт насоса з метою створення природних умов його включення на період максимуму навантаження енергосистеми;
- визначення об'єму води та необхідного часу роботи насосних агрегатів для забезпечення її відкачки з врахуванням швидкості її надходження;
- відображення інформації на табло диспетчера про рівень води у водозбірнику, параметрів роботи насосів, аварійні сигнали про відмову та вид несправності в роботі установки, часу періоду максимуму навантаження енергосистеми.

Склад апаратури АСУ Водовідлив: АРМ Диспетчера, розташоване в диспетчерській шахті, та обладнання, розташоване в насосній станції: блок датчиків БДУ–Ех, блок управління насосною станцією БУНС–Ех, блок управління засувками БУЗ–Ех.

Пристрій автоматичного регулювання засувки (САР) забезпечує зміну робочого режиму водовідливної установки за допомогою засувки, що керується на нагнітальному трубопроводі установки.

Пристрій автоматичного контролю аналогового рівня води у водозбірнику типу ПКАР контролює поточний аналоговий рівень води у водозбірнику.

Влаштування автоматичного захисту водовідливної установки від кавітації типу ПКЗ забезпечує контроль розвитку кавітації в насосі та захист водовідливної установки від кавітації.

Пристрій контролю витрати електроенергії водовідливною установкою типу ПКВЕ забезпечує контроль та облік витрати електроенергії водовідливною установкою.

Пристрої ПКАР, ПКЗ та ПКВЕ є новими пристроями, розробленими в роботі, але у зв'язку з обмеженістю обсягу реферату їх розробка наведена в магістерській дисертації.

3.4 Технічні засоби технологічного системи автоматизованого контролю та управління водовідливів

До засобів автоматичного керування та контролю водовідливних установок відносять.

1. Реле рівня – поплавкові, електродні, пневматичні;
2. Реле продуктивності – мембранні, поршневі, прапорцеві;
3. Реле контролю заливання насосів за тиском – поршневі та мембранні;
4. Температурні реле – біметалічні, напівпровідникові, термометричні, з легкоплавким сплавом та інші.

Для контролю рівня води у водозбірниках широко застосовують електродні датчики опору. Електродний датчик ЕД (рисунок 3.9) являє собою «сталевий диск 3 зі склянкою 5 та свинцевою обкладкою 4 для захисту диска від корозії. На склянку нагвинчується кабельне введення 1. Контакти, що контактує з водою, є диск. Після приєднання жили кабелю до контактної шпильки 2 склянка заливається кабельною масою. Електродний датчик підвішують на кабелі на рівні води, при якому необхідно увімкнення або вимкнення насоса» [27].

Електродні датчики працюють разом із різними схемами пристроїв контролю рівня. Ланцюги контролю рівня мають бути іскробезпечними. Виконавчі елементи схеми забезпечують релейність характеристики, тобто напруга на обмотці виконавчого реле змінюється стрибкоподібно залежно від

величини опору електрод – рідина – «земля». Найбільшу надійність мають схеми контролю рівня, побудовані з використанням транзисторних і тиристорних підсилювачів, а також реле на герконах.

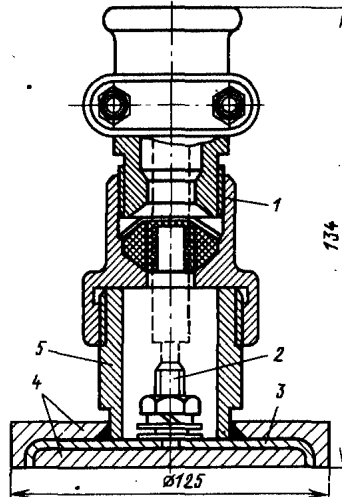


Рисунок 3.9 – Електродний датчик рівня рідини.

Для контролю продуктивності насосів у схемах автоматизації водовідливних установок застосовують струменеві реле прапорця типу РПН і РПФВ-1К (рисунок 3.10). Ці реле прості за конструкцією і не вимагають складного налагодження, на їхню роботу мало впливають забруднені рудничні води.

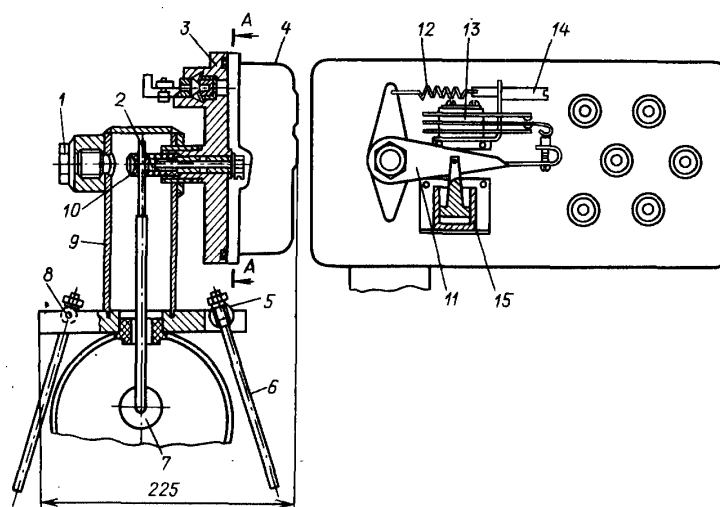


Рисунок 3.10 – Реле продуктивності РПФВ-1К

Реле продуктивності РЛФВ-1К (риунок 3.10) складається з корпусу 9 і плати 3. У верхній частині корпусу є два отвори: один для введення валика 2, друге, заглушене пробкою 1, для ключа під спеціальну гайку 10, що кріпить шток з гумовим прапорцем 7. Нижня частина корпусу є плитою з двома вушами для поворотних валиків 5, за допомогою яких шпильками 6, 8 реле зміцнюється на трубопроводі. Кришка 4 закриває робочу камеру реле, в якій розміщена контактна група 13. При впливі потоку рідини на прапорець 7 повертається жорстко пов'язаний з ним валик 2 і важіль 11, що перемикає контактну групу 13. Змінюючи попередній натяг пружини 12, за допомогою гвинта 1 на спрацьовування при перевищенні швидкості потоку рідини певного порогового значення. При зниженні швидкості рідини нижче порогового значення в трубопроводі прапорець під дією пружини повернеться у вихідне положення і, отже, замкнуться або розімкнуться електричні ланцюги. Демпфер 15 призначений для уповільнення коливань рухомої реле системи.

Для контролю заливки насосів використовують реле тиску РДВ (рисунок 3.11). Чутливим елементом реле тиску є діафрагма 6. Реле має два ступені регулювання спрацьовування на зміну тиску.

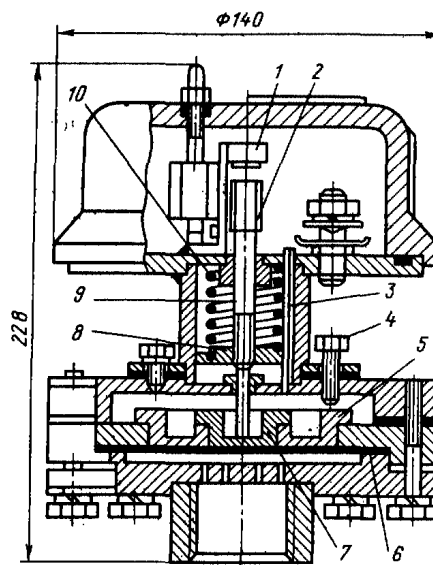


Рисунок 3.11 – Реле контролю тиску РДВ

Для контролю температури підшипників у насосних установках зазвичай застосовують термодатчик ТДЛ-2 (рисунок 3.12). Принцип дії датчиків ґрунтується на використанні сплаву, температура плавлення якого 70-72 °С. При перегріві підшипника сплав 5 в наконечнику датчика розплавляється і звільняє валик 4, який під дією пружини 3 повертається і перемикає контактну систему 2. Після кожного спрацювання датчика повернення його у вихідне робоче положення проводиться вручну рукояткою.

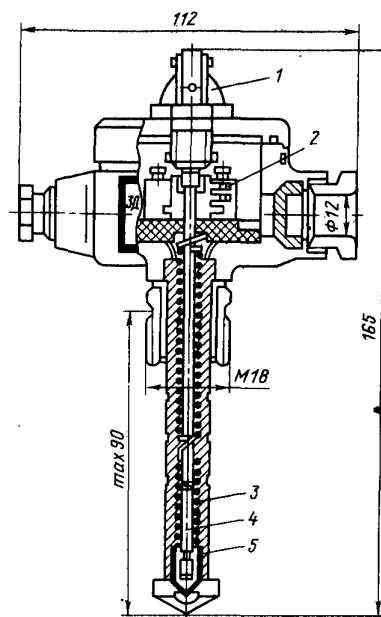


Рисунок 3.12 – Термодадчик ТДЛ-2

Програму роботи автоматизованої водовідливної установки зазвичай визначає моторне реле часу — моторний комутатор. Реле складається з синхронного двигуна типу СД-2, зубчастої пари та до десяти контактних дисків, що впливають на контактні групи. Диски, набрані на осі, під час обертання здійснюють перемикання контактів.

Для відображення інформації та сигналізації стану водовідливного обладнання використано пульт оператора (рисунок 3.13)

Апаратура одного горизонту водовідливу складається:

Джерело живлення вибухозахищене з іскробезпечним виходом ПІВІ –

12–1,5 ДІГ .645243.016;

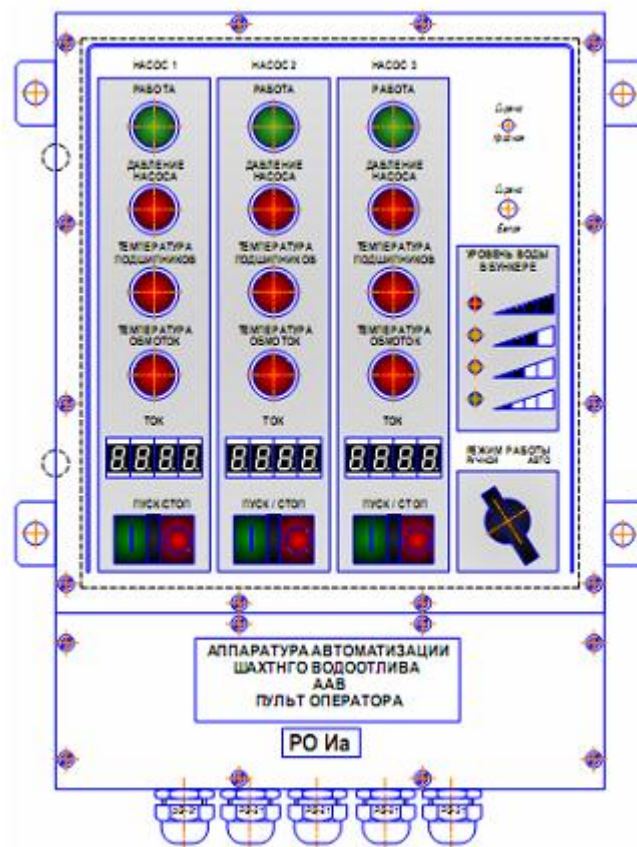


Рисунок 3.13 – Пульт оператора

Пульт оператора водовідливу іскробезпечний ПОВІ-1.1 ДІГ.656623.005.

Датчики (опціонально): датчик струму; датчик температури підшипників; датчик температури статора; датчик тиску; датчик рівня.

Крім датчиків використовується також витратомір електромагнітний Promag 55S виробництва Endress Hauser (рисунок 3.14).

Витратомір електромагнітний Promag 55S виробництва Endress Hauser. Електромагнітний витратомір для двонаправленого вимірювання витрати рідини з мінімальною електропровідністю $\geq 5 \text{ мкСм/см}$ – зокрема, рідини з вмістом суспензій, абразивних рідин, неоднорідних та рідин з тенденцією до налипання.



Рисунок 3.14 – Витратомір електромагнітний Promag 55S.

Основні технічні характеристики:

- робочий діапазон до 9600 м³/год
- робоча температура +180 °C, макс. робочий тиск: 40 бар
- футерування та вимірювальні електроди – матеріали футерування: каучук, поліуретан, PTFE або PFA, а також широкий вибір електродів для різних застосувань.

Датчик вібрації типу VBS виробництва DWYER (рисунок 3.15).



Рисунок 3.15 – Датчик вібрації типу VBS.

Є малогабаритним, компактним пристроєм і використовує дві шкали,

що легко налаштовуються, які налаштовують точку уставки максимальної середньоквадратичної швидкості і тимчасову затримку, від помилкового спрацювання.

Основні технічні характеристики:

Матеріал корпусу: PBT, PC, FPM та нерж. сталь 316 SS.

Температурні межі: від -30 до 105 C;

Точність: <3%.

Діапазон виміру: від 0 до 50 мм/сек.

Рівень захисту: NEMA 6 (IP67).

Нелінійність: <0,25% від шкали.

Діапазон вихідного сигналу, що перемикається:

VBS-1: від 0 до 25 мм/сек середньоквадратичної швидкості;

VBS-2: від 0 до 50 мм/сек середньоквадратичної швидкості;

Діапазон аналогового вихідного сигналу від 10 до 1000 Гц.

Вихідний сигнал: від 4 до 20 мА.

Повторюваність: <0,5%.

Вага: 0,114 кг.

Манометр електроконтактний типу ЕКМ-2005 виробництва НВП "Елемер".



Рисунок 3.16 – Манометр електроконтактний типу ЕКМ-2005.

Основні технічні характеристики: Манометр електроконтактний типу ЕКМ-2005 виробництва НВП «Елемер»

Надлишковий тиск (ДІ) - 4 кПа ... 60 Мпа

Глибина переналаштування діапазонів - 4:1 (4 діапазони вимірювань)

Вихідний сигнал (опція) - 0 ... 5, 0 ... 20, 4 ... 20 мА (на вибір з меню)

Конфігурування – зовнішня клавіатура

Похибка - від $\pm 0,25\%$, $\pm 0,4\%$, $\pm 0,6\%$

Пилловогозахист - IP65

Індикація – 5-розрядний РК-індикатор з підсвічуванням та графічною шкалою

Електромагнітна сумісність (ЕМС) - IV-A

ВИСНОВКИ

1. В результаті теоретичних досліджень та практичної реалізації системи автоматизованого управління водовідливними установками було проведено аналіз процесу водовідливу шахти як об'єкта автоматизації.

2. Досліджено відкриті джерела інформації та проаналізовано існуючі способи управління насосної установки та обґрунтовано вибір найбільш доцільного варіанту.

3. Досліджено основні складові вузли системи водовідливу та розроблено математичну модель управління насосом у зоні промислового використання.

4. На основі розробленої математичної моделі змодельовано її роботу та досліджено перехідні процеси при регулюванні насосної установки за характеристикою подачі.

5. Розроблено алгоритми роботи системи керування насосною установкою для програмування мікроконтроллера.

6. Обґрунтовано загальну структуру системи автоматизованого управління водовідливом, розроблено схемотехнічні рішення та здійснено підбір відповідних технічних засобів.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. Т. 1 / за ред. В. С. Білецького. —: Донбас, 2004. — 640 с.
2. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. Т. 2 / за ред. В. С. Білецького. —: Донбас, 2007. — 652 с.
3. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. Т. 3 / В. І. Альохін [та ін.] ; ред. В. С. Білецький. — Донецьк : Східний видавничий дім, 2013. — 644 с.
4. . НАКАЗ № 1592 від 23.12.2016 Про затвердження Правил безпеки під час розробки родовищ рудних та нерудних корисних копалин підземним способом [Електронний ресурс]: Офіційний сайт Верховної Ради України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0129-17#Text>
5. Відцентрові насоси та трубопровідні мережі в гірничій промисловості: довідковий посібник / Ф. А. Папаяні [та ін]; за заг. ред. Ф. А. Папаяні, Н. Б. Трейнер. — Донецьк: Східний видавничий дім, 2011. — 334 с.
6. Данильчук, Г. І. Автоматизація електроспоживання водовідливних установок / Г. І. Данильчук, С. П. Шевчук, П. К. Василенко. — К.: Техніка, 1981. — 102 с.
7. ТОВ НВФ Елкуб [Електронний ресурс]: офіц. сайт. —, [2019] [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://elcub.ua/>.
8. Приватне акціонерне товариство ДІГ [Електронний ресурс]: офіц. сайт.— Запоріжжя, [2019] [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.deg.com.ua>.
9. Виробниче підприємство шахтної електроапаратури Шела [Електронний ресурс]: офіц. сайт. [2019]. — Режим доступу: <http://www.shela71.ua>.
10. ТОВ Науково-виробниче підприємство РУДПРОМАВТОМАТИКА [Електронний ресурс]: офіц. сайт. - Кривий Ріг, [2019]. — Режим доступу: <http://www.rpa.ua/>.

11. Бессараб, В. І. Управління шахтною водовідливною установкою в аварійних та аномальних режимах роботи / В. І. Бессараб, Р. В. Федюн, В. А. Попов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація. Випуск 106. - Донецьк: ДонНТУ, 2006. - 220 с. – С. 26–33.

12. Бойко, Н. Г. Рудничні (шахтні) водовідливні та вентиляторні установки: конспект / Н. Г. Бойко; М. Г. Бойка; ДонНТУ, Каф. Енергомеханічні системи. – Донецьк, 2009. - 168 с.

13. Карелін, В. Я. Кавітаційні явища в відцентрових та осьових насосах – К.: Надра, 1975 – 353 с.

14. Автоматизація складних електромеханічних об'єктів енергоємних виробництв: навчальний посібник для вузів/ К. Н. Маренич [та ін.]; К. Н. Маренич, С. В. Дубінін, Е. К. Нікулін та ін; ВВНЗ ДонНТУ. – Донецьк: ТОВ Технопарк ДонДТУ УНІТЕХ, 2015. - 237 с.

15. Підвищення ефективності водовідливних установок: Навч. посібник/С.П.Шевчук. - К.: УМК ВО, 1990. - 104 с.

16. Інструкція з безпечних гірничих робіт на пластах небезпечних по раптовим викидам вугілля та газу. - К., 2000. - 345 с.

17. .Разумный Ю.Т. Повышение энергоэффективности главной водоотливной установки угольной шахты / Ю.Т. Разумный, Н.Ю. Рухлова, А.В. Рухлов // Науковий вісник НГУ. – 2013. – № 5. – С.67–72.

18. Данильчук Г.И., Шевчук С.П., Василенко П.К. Автоматизация электропотребления водоотливных установок – К.: Техника, 1981.–102с.

19. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки К: «Ліра-К», 2015 – 392с.

20. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 - 364с.

21. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 - 364с.

22. Матвієнко М.П. Комп'ютерна схемотехніка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2013 - 192с.

23. 1Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко Прикладна теорія цифрових автоматів. Видавництво НАУ ,2017 – 364с.

24. Жабин В.И. и др. Логические основы и схемотехника ЭВМ. - К: ВЕК+, 2019 – 128с.

25. Мікропроцесорна техніка: Електронний підручник / В.Я. Жуйков, Ж59 Т.О. Терещенко, Ю.С. Ямненко, А.В.Заграничний ; відп. ред. О.В. Борисов. 2016. – 440 с.

26. Акціонерне Товариство “ДІГ” Режим доступу: <https://www.deg.com.ua/>

27. Міністерство вугільної промисловості України. Наказ 25.07.2007 N 276 Про затвердження Програми створення сучасної системи комплексної безпеки. Режим доступу: https://zakononline.com.ua/documents/show/72937_72937.

28. Оснащення шахт автоматизованими інформаційно-керуючими системами сучасного рівня. Застосування і перспектива розвитку інформаційної техніки в підземній гірничодобувній промисловості. Розвиток шахтної автоматики. Автоматизація конвеєрних ліній. Суть технологічної і функціональної безпеки. Інформаційно-керуючі системи. Режим доступу: http://4ua.co.ua/geology/yb3ad69a4d53a88421206d37_0.html.

29. Автоматизація технологічних процесів підземних гірничих робіт: підручник /А.В. Бубліков, М.В. Козарь, С.М. Проценко та ін.; під заг. ред. В.В. Ткачова. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 304 с.

30. Гейер В.Г., Тимошенко Г.М. Шахтные вентиляторные и водоотливные установки - М.: Недра , 1987.-229с.

31. Данильчук Г.И., Шевчук С.П., Василенко П.К. Автоматизация электропотребления водоотливных установок – К.: Техника, 1981.–102с.