

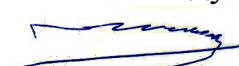
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО"**

Факультет електроніки  
(повна назва інституту/факультету)

Акустичних та мультимедійних електронних систем  
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

 С.А. Найда  
(ініціали, прізвище)

" 07 " 06 2021 р.

**Дипломна робота  
на здобуття ступеня бакалавра**

зі спеціальності \_\_\_\_\_


171 Електроніка  
(код і назва)

на тему: "Електронна аудіовідео-система контролю і управління  
гідроприводом водовідливної установки"

Виконав: студент IV курсу, групи ДВ-72  
(шифр групи)

Голубець Богдан Ігорович


(прізвище, ім'я, по батькові)

  
(підпис)

Керівник \_\_\_\_\_

Проф., д.т.н., проф. Чичикало Н.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

  
(підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

(назва розділу) (посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище,  
ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_


доцент, к.т.н. Ларіна К.Ю.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

  
(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній  
роботі немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

  
(підпис)

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського"**

Інститут (факультет) \_\_\_\_\_ Факультет електроніки \_\_\_\_\_

(повна назва)

Кафедра \_\_\_\_\_ Акустичних та мультимедійних електронних систем \_\_\_\_\_

(повна назва)

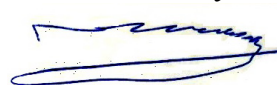
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність \_\_\_\_\_ 171 Електроніка \_\_\_\_\_

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



С.А. Найда

(ініціали,

прізвище)

" 07" \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломну роботу студенту**

\_\_\_\_\_ Голубцю Богдану Ігоровичу \_\_\_\_\_

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Електронна аудіовідео-система контролю і управління гідроприводом водовідливної установки

керівник роботи Чичикало Ніна Іванівна, Проф., д.т.н., проф. \_\_\_\_\_,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "24" 05 2021 р. №1316-с

2. Термін подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 04.06.2021 р. \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Відео-файл роботи водовідливної установки, програмне середовище Adobe Audition

4. Зміст роботи 1) Визначити принципи роботи шахтового водовідливу; 2) Провести аналіз управління водовідливною установкою за допомогою аудіо та відео сигналів; 3) Проаналізувати наданий аудіо-файл роботи водовідливної установки

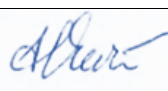




5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Комплект презентацій за матеріалами роботи 1 презентація, 11 слайдів

6. Консультанти розділів роботи\*


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15.04.2021 р.

#### Календарний план


№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Написання першого розділу	25.04.2021	 виконано
2	Написання другого розділу	09.05.2021	 виконано
3	Написання третього розділу	24.05.2021	 виконано
4	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	02.06.2021	 виконано
5	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	06.06.2021	 виконано

Студент

  
(підпис)

Б. І. Голубець  
(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

  
(підпис)

Н. І. Чичикало  
(ініціали, прізвище)

УДК 004:622.063.4

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 76с., табл., 32 рис., 1 дод., 22 джерел.

ВОДОВІДЛИВ, ШАХТА, КОНТРОЛЬ, УЛЬТРАЗВУКОВИЙ  
ВИТРАТОМІР, НАСОС, СПЕКТР, СПЕКТРОГРАМА, СИСТЕМА,  
ДІАПАЗОН ЧАСТОТ,

Об'єктом дослідження є електронні аудіо -відео системи контролю і управління гідроприводом водовідливної установки.

Метою роботи є аналіз існуючих систем контролю водовідливної установки шахти глибокого гірничого видобутку та її модернізація сучасними засобами аудіо та відео управління.

У результаті виконання дипломної роботи було проаналізовано існуючі системи водовідливу, системи управління гідроприводом, ультразвукові витратоміри. Проведено аналіз застосувань ультразвукових витратомірів та аудіо відео засобів управління водовідливом.

Галузь застосування: оптимізація та автоматизація виробничих процесів водовідливу в шахті глибокого гірничого видобутку.

## **ABSTRACT**

This document describes the analysis of existing control and management systems of the drainage system in the mines. In the near future there is information about the principle of operation of the drainage system, the existing methods of control of drainage pumps and tools that provide control over the operation of pumping units. The classification of ultrasonic flowmeters, their advantages and disadvantages and features of their application in practice are presented.

Recommendations on equipment for equipment for hydraulic drive control are presented, substantiated use of each component of control system and recommendations on equipment of necessary equipment are presented.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
1 ОГЛЯД СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ ВОДОВІДЛИВНИМИ УСТАНОВКАМИ.....	9
1.1 Принципи реалізації шахтного водовідливу .....	10
1.2 Забезпечення контролю роботи шахтного водовідливу .....	19
Висновки до розділу .....	22
2 УПРАВЛІННЯ ГІДРОПРИВОДОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗВУКУ .....	24
2.1 Загальна інформація про ультразвукові витратоміри .....	24
2.1.1 Фазові ультразвукові витратоміри .....	27
2.1.2 Частотні ультразвукові витратоміри.....	30
2.1.3 Часоімпульсні ультразвукові витратоміри.....	35
2.1.4 Ультразвукові витратоміри, з коливаннями, що перпендикулярні руху рідини .....	36
2.1.5 Доплерівські ультразвукові витратоміри .....	39
2.1.6 Низькочастотні акустичні витратоміри .....	42
2.2 П'єзокерамічні випромінювачі .....	43
Висновки до розділу .....	45
3 РОЗРОБКА АУДІО –ВІДЕО СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ГІДРОПРИВОДОМ ВОДОВІДЛИВНОЇ УСТАНОВКИ.....	47
3.1 Основні методи регулювання роботи насосів.....	47
3.2 Аналіз методу управління гідроприводом за допомогою звуку .....	49
3.3 Реалізація аудіо управління гідроприводом.....	53
3.3.1 Аналіз аудіо-файлу програмним забезпеченням Adobe Audition.....	53
3.4 Реалізація відеоспостереження за водовідливною установкою.....	59
Висновки до розділу .....	64
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	69
Додаток А.....	72

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АСК ТП	–	автоматизована система контролю та обліку енергоресурсів;
АСКОЕ	–	автоматизована система керування технологічним процесом;
ПЗ	–	програмне забезпечення;
ПК	–	персональний комп'ютер;
КПК	–	кишеньковий персональний комп'ютер;
УВ	–	ультразвуковий витратомір;
WiFi	–	Wireless Fidelity;
IP	–	Internet Protocol address;

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сьогодні українська галузь гірничо видобувної промисловості переживає не найкращі часи, тому необхідно максимально оптимізувати роботу шахт. Почати слід саме з водовідливних установок, адже оновлення їх обладнання коштує не так дорого, як оновлення та оптимізація інших процесів. Оскільки трубопроводи заростають через домішки у воді, що збирається – це призводить до регулярних поломок обладнання, що є економічно не вигідним. Тому, ця робота є актуальною.

**Обґрунтування необхідності проведення дослідження.** Можливість оптимізації роботи водовідливних установок, задля зменшення економічних та енергетичних витрат.

**Мета та завдання дослідження.** Метою роботи є дослідження існуючих систем управління водовідливом та аналіз можливих варіантів управління установкою за допомогою звуку та відеоспостереження. Визначення методів та систем аудіо та відео управління гідроприводом водовідливної установки в шахті глибокої гірничої виробки. Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

1. Визначити принцип роботи водовідливних установок в шахтах глибокої гірничої виробки;
2. Проаналізувати існуючі системи управління водовідливом;
3. За допомогою відповідного програмного забезпечення проаналізувати акустичний сигнал, отриманий під час роботи приводу водовідливної установки.

**Об'єкт дослідження.** Об'єктом дослідження є аудіо та відео сигнал отриманий під час роботи водовідливної установки.

**Предмет дослідження.** Предметом дослідження є методи управління шахтовим водовідливом.

## 1 ОГЛЯД СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ УПРАВЛІННЯ ВОДОВІДЛИВНИМИ УСТАНОВКАМИ

Українська галузь видобутку корисних копалин є досить розвиненою. Вона почалася ще з 1721 року, та досягла свого піку у 1976 році, ще за часів СРСР. Станом на 2012 рік кам'яного вугілля було видобуто 85,7 мільйонів тонн. На сьогоднішній день можна нарахувати понад п'ятдесят шахт з видобутку енергетичного та коксівного вугілля. Як і в будь-якій діяльності, завжди існує своя проблематика. В галузі видобутку корисних копалин це водоприплив [1].

Водоприплив – це надходження поверхневих та підземних вод під час гірничої виробки. В гірничій виробці водоприплив оцінюється кількістю притікаючих до них в одиницю часу. Він залежить від ступеня обводнення родовища, напору води, пори року, положення вироблення щодо водоносних порід, що покриваються водою (хрестом простягання, по простяганню і т.д.) і дренажною здатністю породи на поверхнях гірничої виробки. Водоприплив в окремих гірничих виробках може досягати декількох десятків кубометрів на годину, а в цілому по шахті - сотень і навіть тисяч кубометрів [2,3].

Розрахунок можливих притоків води в гірничі виробки методами, заснованими на динаміці підземних вод, може дати лише орієнтовні результати. Більш точні дані отримують шляхом проведення дослідних відкачок з розвідувальних свердловин. За ступенем обводнення родовища розділяють на такі групи:

- Слабкообводнені (практично безводні) з фактичним або очікуваним притоком до 200 [м<sup>3</sup>/год] (коефіцієнт багатоводності  $K_{\delta}$  до 3);
- Середньообводнені – від 200 до 500 [м<sup>3</sup>/год] ( $K_{\delta} = 3 \dots 8$ );
- Підвищено-обводнені – від 500 до 1000 [м<sup>3</sup>/год] ( $K_{\delta} = 8 \dots 20$ );
- Сильнообводнені – більше 1000 [м<sup>3</sup>/год] ( $K_{\delta} > 20$ ).

## 1.1 Принципи реалізації шахтного водовідливу

Оскільки наповнення шахти водою заважає вести виробку корисних копалин, почали розробляти системи водовідливу. Водовідливом називається комплекс заходів з видалення води, що надходить в гірничі виробки з водоносних порід, на поверхню. У гірських породах вода накопичується внаслідок наявності в них природних пустот (пор, тріщин, каверн і т. д.) Або штучних порожнин, що утворилися в процесі ведення гірських робіт.

При підземній розробці родовищ твердих горючих копалин розрізняють головний (прямий) водовідлив, призначений для відкачування загальношахтного припливу води, в ньому відкачка води з головного водозбірника здійснюється відразу на поверхню і дільничний (ступінчатий) - для перекачування води з окремих ділянок шахти до проміжних водозбірників головного водовідливу і потім на поверхню землі (рідше використовують перекачку відразу на поверхню). Іноді у рідкісних випадках застосовуються центральний водовідлив, коли кілька шахт мають загальну водовідливну установку і регіональний, що забезпечує водовідлив всього району в цілому (рис. 1.1) [4].

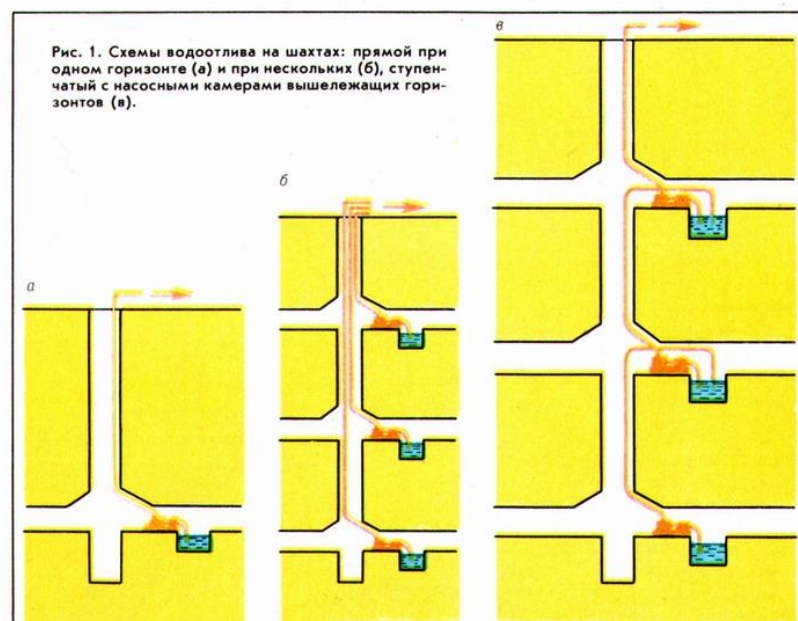


Рисунок 1.1 – Схеми водовідливу на шахтах: прямий при одному горизонті (а) і при декількох (б), ступінчатий з насосними камерами верхніх горизонтів

Шахтні водозбірники і насосні камери розташовують з урахуванням гіпсометрії підшви корисних копалин, складу гірських порід, схем розкриття та інших гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов. Насосна камера з водовідливними установками поміщається біля водозбірника і з'єднується з ним за допомогою виробок. При надходженні води більше 50 [м<sup>3</sup>/год] головна водовідливна установка складається з 3 однакових насосів (робочого, резервного і того, що знаходиться в ремонті), кожен з яких розраховується на відкачку за 20 годин добового нормального припливу. Усмоктувальна труба кожного з насосів при припливі води до 100 [м<sup>3</sup>/год] опускається в один загальний водозабірний колодязь, а при притоці більш 100 [м<sup>3</sup>/год] - в окремі колодязі. Для головного водовідливу на шахтах застосовуються в основному відцентрові багатоступінчасті секційні насоси в горизонтальному виконанні, що допускають вміст механічних домішок у воді (частки до 0,1-0,2 мм) до 0,1-0,2%. Структура шахтового водовідливу показана на рисунку 1.2 [4].

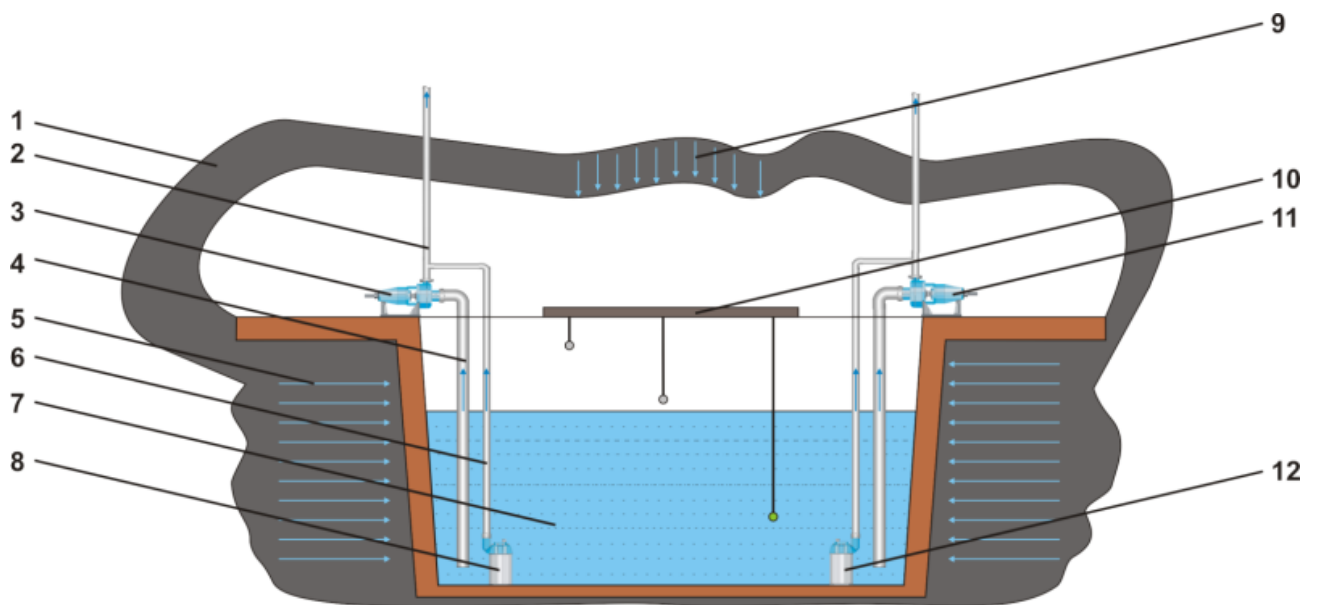


Рисунок 1.2 – Структура шахтового водовідливу

Розглянемо рисунок за його складовими: 1 – гірські породи; 2 – нагнітаюча труба; 3 – основний насос; 4 – всмоктуюча труба; 5 – підземна вода; 6 – нагнітаюча труба заливаючого насоса основного насоса; 7 – водозбірник; 8 – заливаючий насос основного насоса; 9 – поверхнева вода; 10 – контроль рівня води; 11 – додатковий насос; 12 – заливаючий насос додаткового насоса.

Головна водовідливна установка призначена для відкачування всього припливу води з шахти на поверхню. Якщо глибина шахти більше величини напору, створюваного одним насосом, то використовують послідовні або багатоступінчасті схеми водовідливу. Допоміжні водовідливні установки відкачують воду з окремих горизонтів до водозбірників головного водовідливу. До водозбірника головного водовідливу вода надходить по водовідливним канавках або по нагнітальним ставам допоміжних водовідливів. Як виглядає водозбірник в реальному житті показано на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 – Водозбірник в реальному житті

Для забезпечення безперебійної роботи шахти та її роботи в аварійних режимах необхідно враховувати дуже велику кількість факторів, в тому числі і знаходиться робота водовідливних установок, інакше корисні копалини буде просто неможливо видобувати через досить значну кількість добового припливу води. Оскільки водовідливна установка є дуже важливою складовою гірничого видобутку, то потрібно забезпечувати її роботу так, щоб вона дуже рідко виходила з ладу, тобто якомога безперебійно.

Робота водовідливної установки залежить від її стану, який описується вектором параметрів [5]:

$$\bar{X} = |Q, H, H_B, H_G, N, E, \eta, \rho, Q_{II}, d_H, d_B, L_H, L_B, \alpha_H, \alpha_B, v_{POZ}|, \quad (1)$$

де  $Q$  – подача водовідливної установки;

$H$  – натиск водовідливної установки;

$H_B$  – вакууметрична висота всмоктування;

$H_G$  – геодезична висота нагнітання;

$N$  – потужність водовідливу;

$E$  – питомі енергозатрати водовідливу;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії;

$\rho$  – густина рідини;

$Q_{II}$  – приток шахти за одну годину;

$d_H$  – діаметр напірного трубопроводу;

$d_B$  – діаметр всасуючого трубопроводу;

$L_H$  – довжина напірного трубопроводу;

$L_B$  – довжина всасуючого трубопроводу;

$\alpha_H$  – гідравлічний опір напірного трубопроводу;

$\alpha_B$  – гідравлічний опір всасуючого трубопроводу;

$v_{POZ}$  – витрата води, що проходить через розвантажувальний пристрій.

Як бачимо, для стабільної роботи водовідливу потрібно, щоб значна кількість факторів була в нормі. Для більш наочного аналізу використовують також графічний метод, що стоїть в одному ряді з попереднім – аналітичним. Для графічного методу аналізу необхідно вирішити системи рівнянь характеристик насоса (2) та характеристик напірного трубопроводу (3) [5]:

$$H_H(Q) = H_{KO} + A \cdot Q - B \cdot Q^2, \quad (2)$$

$$H_{TP}(Q) = H_{\Gamma} + \alpha_H \cdot Q^2, \quad (3)$$

де  $A, B$  – постійні коефіцієнти для обраного типу насоса.

Точка А перетин характеристик (рис. 1.4) визначає робочий режим водовідливної установки.

Окрім напірних характеристик насоса та трубопроводу, на рис. показані криві ККД насоса, питомих енергозатрат  $E$ , вакууметричної висоти всмоктування  $H_B$ . Точкою А визначаються робочі параметри насоса:  $Q_P, H_P, \eta_P, E_P, H_{BP}$ . Оптимальний режим роботи водовідливної установки спостерігають при розташуванні її робочої точки А в зоні промислового використання – від  $Q_{min}$  до  $Q_{max}$  (рис. 1.4)

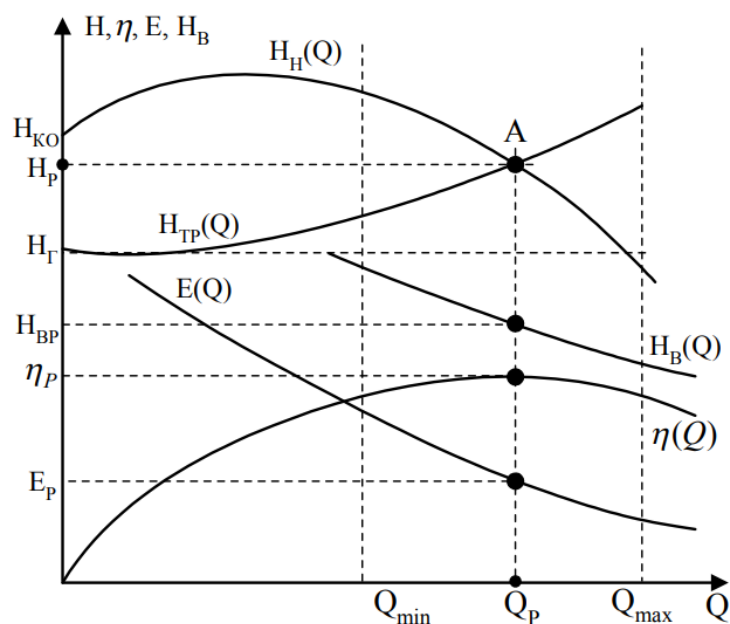


Рисунок 1.4 – Параметри робочого режиму водовідливної установки

Однією з істотних особливостей функціонування водовідливної установки є непостійність її робочих параметрів (подачі, напору, ККД, енерговитрат) в процесі експлуатації. Пояснюється це важкими умовами експлуатації, особливо перекачуванням кислих і забруднених вод. Незважаючи на те, що в водозбірнику, де швидкість руху води невелика передбачається освітлення води від твердих суспендованих частинок, близько 40% твердої суспензії видаляється насосами, що призводить їх до інтенсивного зносу. Ресурс машинного часу насосів становить в середньому 500 ... 700 ч, а у відповідності з паспортними даними на чистій воді вони можуть працювати до 6000 год [5].

Серцем водовідливної установки шахтового водовідливу є насос, за допомогою якого відкачується вода. Для того, щоб не приходилось чекати дуже довго поки насос відкачає всю воду з водозбірника – використовують дуже потужні двигуни, які забезпечують за години відкачку великого об'єму води. Для таких умов роботи необхідно встановлювати досить потужні насоси, які справлятимуться з великим потоком рідини. Сучасні шахти в більшості своїй потребують використання відцентрових насосів.

Відцентровий насос - це динамічний лопатевий насос, переміщення робочого тіла в якому відбувається безперервним потоком за рахунок взаємодії цього потоку з рухомими обертливими лопастями ротора і нерухомими лопатями корпусу. При цьому переносний рух робочого тіла відбувається за рахунок відцентрової сили і протікає в радіальному напрямку, тобто перпендикулярно осі обертання ротора [6].

Усередині корпусу насоса, який має, як правило, равликоподібну спіральну форму, на валу жорстко закріплено робоче колесо. На обох кінцях валу розташовуються підшипники, в залежності від типу насоса вони можуть бути різних типів. Підшипники за допомогою спеціальних фіксаторів кріпляться до корпусу насоса і забезпечують обертання колеса. Поруч з одним з підшипників розташовується напівмуфта, яка забезпечує передачу обертального руху від електричного двигуна. Напівмуфта на валу і

напівмуфта на валу електродвигуна з'єднуються за допомогою спеціальних болтів, які в народі називають "пальцями". Обидві напівмуфти однакових діаметрів і виточуються токарем за один підхід насадженими на один вал. Робиться це для досягнення ідеального центрування між електричним двигуном і насосом, в іншому випадку буде присутнє биття і, внаслідок чого, швидкий знос підшипників і робочого колеса.

Колесо відцентрових насосів виготовляється двох типів – відкритого і закритого. В шахтовому водовідливі використовуються колесо саме закритого типу, в ньому лопаті розміщені між переднім і заднім дисками. Лопаті зазвичай вигнуті від радіального напрямку в сторону, протилежну напрямку обертання робочого колеса в формі логарифмічної спіралі. За допомогою патрубків корпус насоса з'єднується зі всмоктуючим і напірним трубопроводами [6].

Коли корпус насоса повністю наповнений рідиною, то при наданні обертання робочого колеса (наприклад, за допомогою електродвигуна) рідина, яка знаходиться в каналах робочого колеса (між його лопатями), під дією відцентрової сили буде відкидатися від центру колеса до периферії. Це призведе до того, що в центральній частині колеса створиться розрідження, а на периферії підвищиться тиск. При підвищенні тиску рідина з насоса надходить в напірний трубопровід. Внаслідок цього на виході всмоктуючого патрубка насоса утворюється розрідження, під дією якого рідина надходить в насос з усмоктувального трубопроводу. Таким чином, відбувається безперервна подача рідини відцентровим насосом з всмоктуючого в напірний трубопровід. На рис. 1.4 показано з яких частин складається відцентровий насос [7].

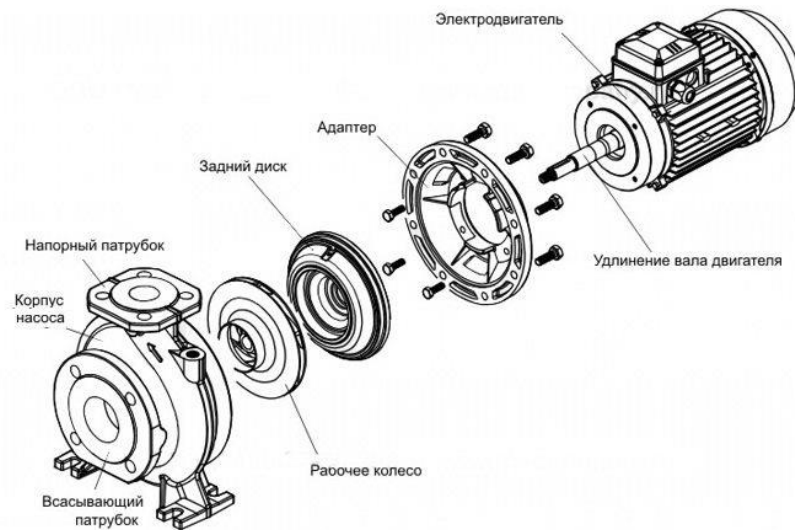


Рисунок 1.5 – Відцентровий насос

Роздивимось детальніше як проходить рідина всередині корпусу насоса. При обертанні робочого колеса за допомогою відцентрової сили, рідина, якою заповнений корпус насоса відкидається до стінок робочої камери і через равликоподібну форму дифузора рідина виходить далі по трубам. При цьому створюється розрідження повітря і це забезпечує всмоктування нової порції рідини через вхідний патрубок. Кутову швидкість обертів робочого колеса можна визначити за допомогою формули [8]:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (4)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість;

$n$  – частота обертів робочого колеса.

На рис. 1.6 детальніше показано як проходить рідина через корпус насоса.

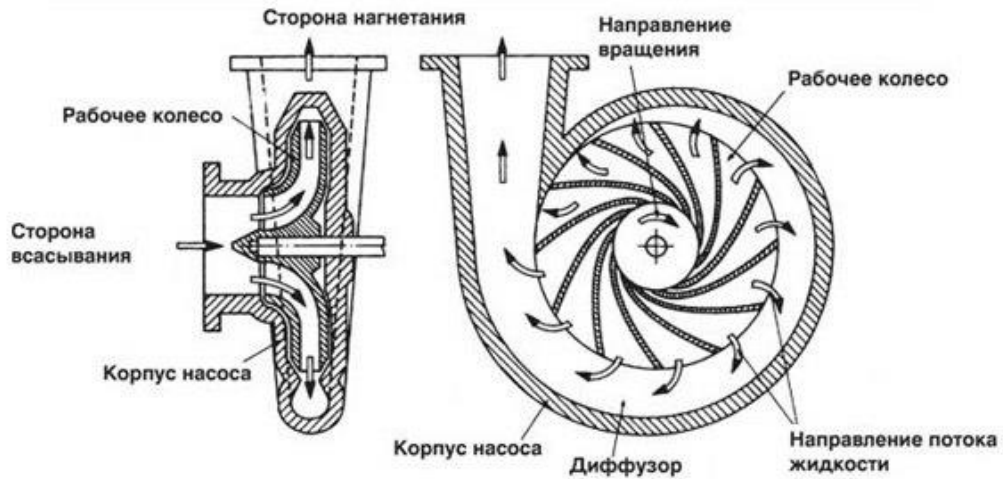


Рисунок 1.6 – Принцип роботи відцентрового насоса

Також іноді використовують багатоступінчаті насоси, вони не відрізняються від одноступінчатих за принципом роботи, проте мають більшу кількість робочих колес [8]. Вигляд такого насоса показано на рис. 1.6.

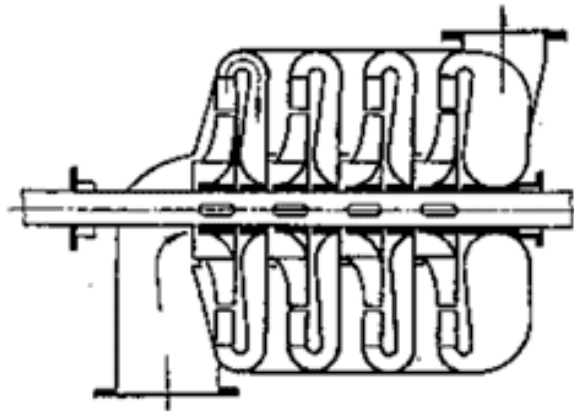


Рисунок 1.7 – Схема багатоступінчатого відцентрового насоса

Оскільки для перекачування великої кількості рідини необхідно застосовувати дуже потужній двигун, водовідливні установки почали оснащувати відцентровими насосами з асинхронним двигуном, потужністю 1000 [кВт/год]. Проте в цьому є своя проблема. Якщо вода у всасуючому патрубку пропаде, то насос необхідно миттєво відключити, оскільки, на

професійному шахтерському жаргоні двигун піде в «рознос». Час, за який необхідно відключити насос становить 0,004 с. Саме через це актуальними є дослідження в області електронних систем управління водовідливних установок.

## 1.2 Забезпечення контролю роботи шахтного водовідливу

Для віддаленого управління шахтним водовідливом необхідно застосовувати дуже складні системи і безліч датчиків, що будуть оброблювати, аналізувати та передавати інформацію напряму до оператора, або до інших автоматичних систем управління. Реалізація такої складної системи та забезпечення її оперативної роботи неодмінно потребують досить швидкої передачі даних. Для цього всередині штреку на шляху до водовідливної установки прокладають оптоволоконну лінію (рис. 1.8). Також для роботи шахтерів на небезпечних ділянках шахти необхідно забезпечити їх зв'язком. Для цього поряд з оптоволоконною лінією прокладені лінії Wi-Fi та мобільного зв'язку (рис. 1.8). Для забезпечення хорошого мобільного зв'язку використовують мікро стільникове обладнання, що допомагає розвернути якісну мережу навіть в умовах гірничого видобутку.



Рисунок 1.8 - Оптоволоконні лінії та лінії мобільного зв'язку в штреці шахти на шляху до водовідливної установки

Для роботи зі всією кількістю датчиків та управління шахтною водовідливною установкою сьогодні використовують системи диспетчерського управління і збору даних на основі SCADA.

SCADA представляє з себе програмний пакет, призначений щоб виконувати функції обробки зібраних даних, архівування збереженої інформації про певний об'єкт моніторингу та допомагає забезпечити управління ним в реальному часі. ПЗ даного класу як правило є частиною АСК ТП, АСКОЕ, або системи екологічного моніторингу, також широко використовується в наукових експериментах, автоматизації будівлі і т.д. Ці системи використовують в усіх галузях діяльності, де необхідно забезпечувати операторний контроль технологічних процесів. В основному, SCADA є частиною АСК, диспетчерської системи, що відповідає за моніторинг технологічних параметрів і дистанційне керування обладнанням [9]. Сучасний ринок SCADA систем пропонує дуже великий вибір ПЗ для різних задач, що будуть працювати безпосередньо на комп'ютері, такі як OpenSCADA, Rapid SCADA, FreeSCADA, scada-ГИНЭС, Inductive Automation Ignition – для функціонування на комп'ютері, та WebSCADA – для функціонування на Веб-сервері, тобто вона включає сервер WebSCADA і клієнтські термінали, такі як КПК, ПК або мобільні телефони з Веб-браузером. Таким чином маючи пристрій з виходом до мережі Інтернет можна керувати системою, що підключена до мережі WebSCADA віддалено з будь-якої точки планети.

Сучасні системи SCADA повинні мати значний набір функцій, щоб бути конкурентноспроможними на ринку таких послуг. Серед усіх можна виділити такі основні функції:

- Збір даних від апаратури процесу і дистанційне керування обладнанням. Ведення баз даних реального часу;
- Створення графічного інтерфейсу для моніторингу та управління процесом оператором. Витяг інформації з баз даних і представлення оператору в зручному вигляді для аналізу;

- Автоматизація виконання робочих процесів прийняття рішень оператором;
- Розрахунок вторинних показників ефективності виробництва, статистики ходу процесу, роботи устаткування і т.д.
- Виконання деяких функцій управління (блокування, некритичне регулювання і т.д.);
- Автоматична генерація тривог і повідомлень;
- Підготовка рапортів, зведень, звітів та іншої експлуатаційної документації;
- Архівування історії, тривог і дій оператора;
- Розмежування прав доступу по категоріям користувачів. Забезпечення безпеки і контролю над діями оператора;
- Резервування найбільш важливих складових системи (серверів, мереж, клієнтів);
- Горизонтальний обмін даними з суміжними системами АСК ТП і передача даних на верхні рівні управління.

Пристрої SCADA є дуже важливими в вирішенні різних проблем, що можуть виникати в шахтах і вони, як ніщо інше, найкраще підходять для реалізації контролю і управління гідроприводом водовідливної установки. На рисунку 1.9 показані пристрої SCADA-системи, підключені до оптоволоконної лінії [9,10].

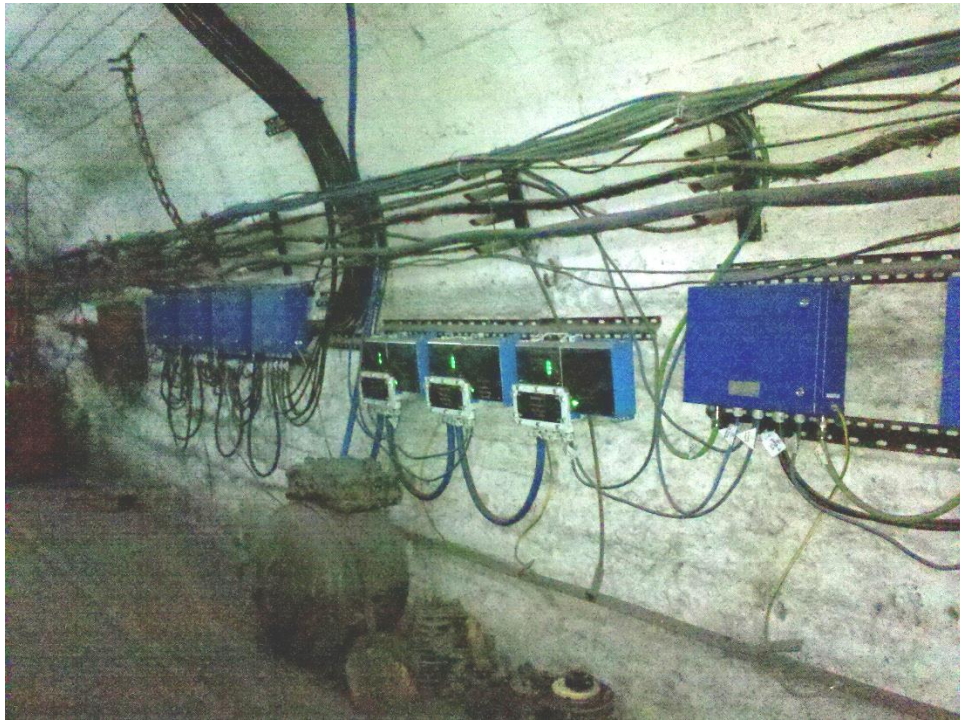


Рисунок 1.9 – Пристрої SCADA-системи підключені до оптоволоконної лінії

Нажаль певна проблематика використання таких систем також існує, а саме, підключені до мережі Інтернет системи вразливі до кібератак. Так, в 2016 році була атакована одна з компаній енергетичної системи невідомими хакерами, що вивело її з ладу на деякий час. Тому сьогодні системи SCADA відгороджують від прямого доступу до мережі Інтернет, а замість цього, за допомогою оптоволоконних ліній розгортають локальні мережі передавання даних.

### **Висновки до розділу**

На основі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

- Українська галузь видобутку корисних копалин переживає не найкращі часи, тому зараз як ніколи актуально забезпечити безперебійну роботу шахт;

- За ступенем обводненості шахти поділяють на слабообводнені, середньообводнені, підвищено-обводнені та сильнообводнені;
- Водовідлив є дуже вагомою частиною гірничої виробки. Він розділяється на головний водовідлив та дільничий;
- Водовідливна установка складається з нагнітаючої труби, всмоктуючої труби, нагнітаючої труби заливаючого насоса основного насоса, заливаючого насоса основного насоса, додаткового насоса, заливаючого насоса додаткового насоса;
- Головна водовідливна установка призначена для відкачування всього припливу води з шахти на поверхню. Допоміжні водовідливні установки відкачують воду з окремих горизонтів до водозбірників головного водовідливу;
- Робота водовідливної установки залежить від її стану, який описується вектором параметрів (1). Для стабільної роботи водовідливу потрібно, щоб значна кількість факторів була в нормі.;
- Для роботи зі всією кількістю датчиків та управління шахтною водовідливною установкою використовують системи диспетчерського управління і збору даних на основі SCADA;

## 2 УПРАВЛІННЯ ГІДРОПРИВОДОМ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗВУКУ

### 2.1 Загальна інформація про ультразвукові витратоміри

Ультразвукові витратоміри (УВ) – це прилади, що засновуються на вимірах ефекту, який, в свою чергу, залежить від витрат, виникаючих від того, як проходять акустичні коливання крізь потік газу або рідини. Найчастіше УВ, що застосовуються на практиці працюють в ультразвуковому, частотному діапазоні. Найбільше використання отримали УВ, що основані на ефекті Доплера. Вони мають більш просту схему, порівняно з іншими витратомірами та служать, в основному, для вимірювання місцевої швидкості потоку.

Зазвичай ультразвуковими витратомірами вимірюють витрати об'єму, оскільки ефекти від акустичних коливань, що проходять крізь рідину напряду зв'язані зі швидкістю його потоку. Проте, якщо додати акустичний перетворювач, який буде реагувати на густину рідини, вимір якої слід провести, то нам відкриється можливість виміряти масові витрати. Похибка вимірів в УВ лежить в досить широкому діапазоні від 0,1 до 2,5%. Оскільки в газах дуже важко отримати інтенсивні акустичні коливання, та за відсутності значного акустичного опору, частіше УВ використовують саме для виміру витрат рідин. Також широкого використання такі витратоміри отримали через можливість вимірів у будь якому діаметрі труб, навіть від 10 [мм].

Ті витратоміри, що існують зараз дуже між собою різняться за схемною реалізацією та будовою перетворювачів.

Під час вимірів, найчастіше застосовують високі частоти (0,1-10 [МГц]), для чистих рідин. Для забрудненої рідини частоту необхідно знижати, щоб акустичні коливання не так сильно розсіювались та залежали від домішок, знижати необхідно аж до кількох десятків [кГц]. Це робиться

для того, щоб довжина хвилі істотно була більша за розмір частинки домішки, або кавітаційних бульбашок.

Оскільки, виміряти час секундоміром не вдасться, тому що часова різниця знаходиться в межах нано або пікосекунд, а у вирішенні проблеми швидкого відключення двигуна необхідно виміряти дуже малий час, для зменшення вірогідності поломки двигуна, в нашому випадку це 0,004 с. Для цього існують такі витратоміри:

- фазові – вони вимірюють різницю фазових зсувів акустичних коливань, що направляються проти потоку або за ним;
- часо-імпульсні – вимірюють час, за який короткі імпульси здатні пройти проти потоку або за ним;
- частотні – вимірюють різницю частот при проходженні коротких імпульсів або "пачок" акустичних коливань [11].

Також УВ різняться між собою за числом акустичних каналів на:

- однопроменеві – мають два п'єзоелементи, які по чергово працюють в режимі приймача та випромінювача;
- двопроменеві – з двома незалежними каналами, це реалізовано за допомогою двох окремих приймачів та випромінювачів, які розташовані один навпроти одного;
- багатоканальні – використовуються для дуже точних вимірів або вимірів втрат, що з'являються від деформованих потоків[12].

Досить великий вплив на похибку показань витратомірів має профіль швидкостей. Для аналізу використаємо витратомір, що є найбільш часто використовуваним в гірничій виробці – з входом пучка акустичних коливань під певним кутом в одній точці. Оскільки середня швидкість за площею перетину завжди буде меншою за середню швидкість за діаметром, то ультразвуковий промінь реагуватиме саме на неї, у випадку, якщо коливання будуть проходити через одну з хорд, а не через весь діаметр. Для більш

точних вимірів якраз і використовують зондування по хорді, проте зі збільшенням діаметру трубопроводу проконтролювати необхідну прямолінійність проходження ультразвуку стає важче, тому результат вимірювань стає чутливим до втрат. Виміри можна зробити точнішими, якщо використовувати зондування за декількома хордами, що дає змогу знизити вірогідність похибки до 0,1%. Найменшої похибки вдається досягти, якщо зондувати по чотирьом та п'яти хордам.

При зондуванні по чотирьом хордам розташування п'єзоелектричних датчиків можливе в двох варіантах (рис. 2.1, б, в). В першому – датчики розташовуються так, щоб створені хорди були розташовані дві горизонтально та дві вертикально, при цьому необхідно, щоб вони були рівновіддаленими від парної хорди (рис 2.1, б). Це значно спростить обробку результатів, які ми отримаємо з датчика. В іншому варіанті хорди розташовані паралельно одна одній (рис 2.1, в) [12].

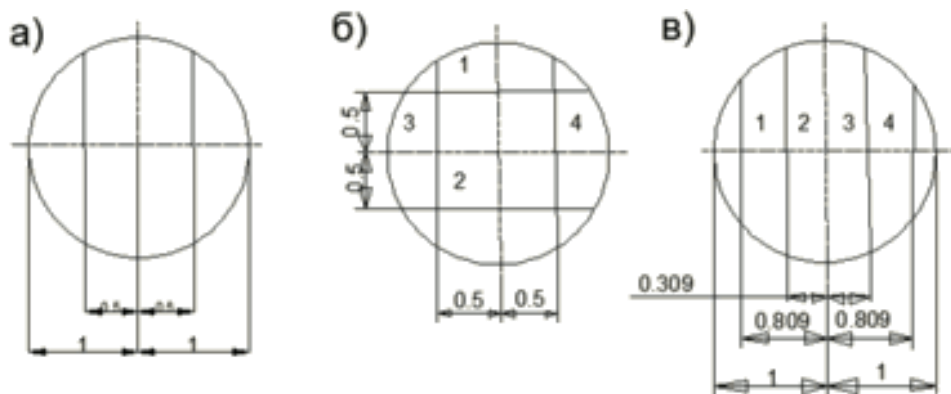


Рисунок 2.1 – Розташування хорд для акустичного зондування

В зондуванні з п'ятьма хордами також є декілька варіантів розміщення датчиків. З паралельними хордами обирають розташування датчиків за квадратною формулою Гауса, з послідовними – за формулою  $0,5D/2$  й

розташовують датчики так, щоб хорди утворилися не в одній площині, а в просторі.

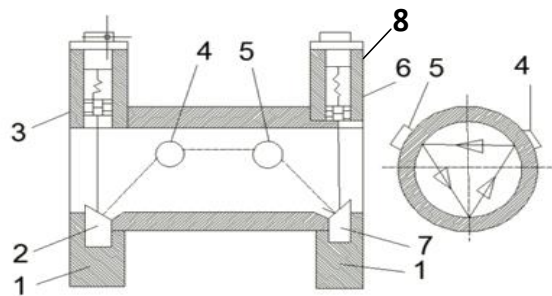


Рисунок 2.2 – Схема зондування за трьома просторовими хордами

Розглянемо рис. 2.2 детально. У фланцях 1 та 8 розташовані п'єзоелементи 3 та 6 і відбивачі, які розташовані знизу, й позначені цифрами 2 та 7. Ще два відбивача встановлені на протилежних стінках труби та позначені цифрами 4 та 5. Таким чином бачимо, що проекції хорд, які є акустичними каналами, на поперечний зріз труби, в просторі створюють трикутник. Багатоканальні УВ забезпечують значну точність вимірів, проте вони досить важкі у використанні і через це використовуються досить рідко [12].

### 2.1.1 Фазові ультразвукові витратоміри

Фазові УВ працюють на залежності фазових зсувів коливань ультразвуку, що виникають на приймачах, від різниці часу проходження однакової відстані цими коливаннями за потоком або проти нього. Виходячи з того, що початкові фази коливань, мають свій період з частотою, однакові. Створено багато різноманітних схем реалізації витратомірів з одним або багатьма каналами. Витратоміри з одним каналом мають велику кількість схем з переключенням п'єзоелементів з випромінювання на прийом сигналу.

Така схема реалізована в витратомірі, яким вимірюють витрати суспензії поліетилену в бензині. Її було створено під параметри труби з діаметром 150 [мм],  $Q = 180$  [м/год], з частотою коливань 1 [МГц]. Датчики встановлюють під кутом  $22^\circ$ . Створивши витратомір за цією схемою вдалося досягнути похибки  $\pm 2\%$ . П'єзоелементи розташовуються зверху на трубі.

Двоканальні схеми УВ складаються з генератора, що формує імпульси, двох генераторів, що формують амплітудно-модульовані коливання, які йдуть на п'єзоелементи, пристрою для регулювання фаз, який складається з підсилювача обмежувача, підсилювача потужності, реверсивного двигуна, фозообертача та фазорозщеплювача. Подібною до неї є схема наведена на рисунку 2.3.

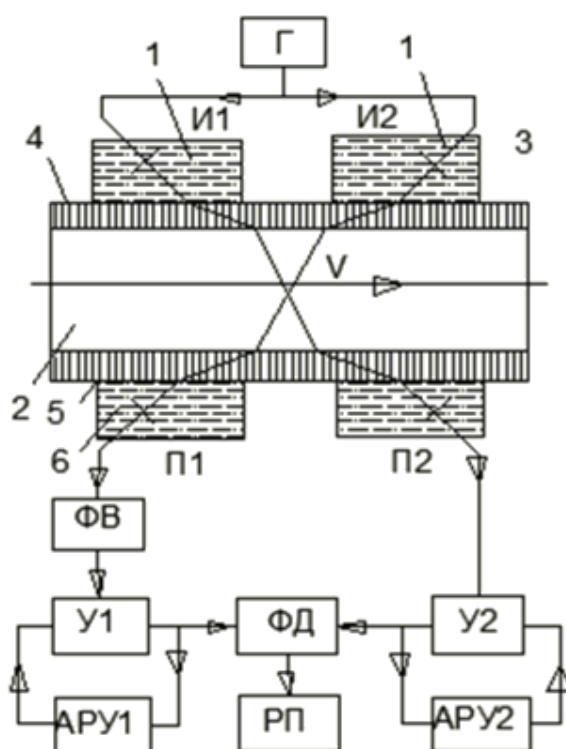


Рисунок 2.3 – Схемна реалізація фазового витратоміра

Детально розглянемо дану схему. Ця схема вимірює рідину в трубах діаметром 100 та 200 [мм] і розрахованого на  $Q_{\max}$ , що дорівнює 30; 50; 100; 200 и 300 [м<sup>3</sup>/год], частота імпульсів складає 1 [МГц] і максимальна різниця фаз 2 – 2,1. Генератор (Г) пов'язаний з п'єзоелементами (И1 та И2) за допомогою узгоджувальних трансформаторів. Ультразвукові коливання, що випромінюються за допомогою И1 та И2 проходять через рідинні хвилеводи 1, мембрани 3, які герметично вмонтовані в стінки трубопроводу 4, далі проходять через рідину 2 та через мембрани 5 і знову через рідинні хвилеводи 6 надходять на п'єзоелементи, що приймають сигнал П1 та П2. Вони з'єднані зі схемою, яка здійснює вимір фаз. Сигнал, що виходить з приймаючих п'єзоелементів прямує до фазорегулятора та двох однакових підсилювачів У1 та У2, якими керують вузли автоматичного регулювання АРУ1 та АРУ2; також у схемі є фазовий детектор ФД та вимірювальний прилад РП. Фазорегулятор використовується для регулювання початкової точки фазового детектора, також з його допомогою здійснюють коригування нуля.

Існують схеми, де відбувається переключення п'єзоелементів з випромінювання сигналу на прийом за допомогою мультівібратора, що керує задаючим генератором. Заднім фронтом імпульсів включається мультівібратор, а особливий генератор створює ці імпульси синусоїдальної форми низької частоти, які потім перетворюються на прямокутні імпульси в тригерному пристрої.

В таких схемах ультразвукові коливання поширюються назустріч один одному протягом 500 [мкс], мають частоту 2,1 [МГц] та мають зсув за фазою на 180°, після того як пройдуть ці коливання, мультівібратор одразу ж переключить п'єзоелементи в режим прийому. Також існують фазові витратоміри, де п'єзоелементи переключаються за допомогою окремого імпульсу. В них генератором створюються одразу два сигнали. Один з них слугує для вмикання генератора, що створює коливання для п'єзоелементів, а

інший перемикає їх з випромінювання на прийом. Після чого прийняті коливання підсилюються, перетворюються в прямокутні імпульси і проходять через детектор зсуву фаз, де і вимірюється сигнал, оскільки на виході з нього ширина імпульсів пропорційна цьому зсуву.

Через те, що більшість існуючих схем перемикування п'єзоелементів досить складні, сьогодні створені фазові витратоміри, що мають один канал і не потребують перемикування. В них через обидва п'єзоелементи реалізовано безперервне випромінювання ультразвукових коливань двох різних частот, проте вони не сильно відрізняються одна від одної, наприклад 6 [МГц] і 6,01 [МГц] [12].

### **2.1.2 Частотні ультразвукові витратоміри**

Частотні УВ створені завдяки ідеї вимірювати залежність різниць частот коливань від різниці часу, який витрачається під час проходження цих імпульсів однієї відстані в рідині, або різниці частоти повторення коротких імпульсів. Існують два типи частотних витратомірів – це частотно-пакетні та частотно-імпульсні, такий поділ з'явився через різні схемні реалізації, які вимірюють саме різницю частот пакетів ультразвукових коливань, та ті, що вимірюють різницю частот коротких імпульсів. На рисунку 2.4 показана схема частотно-пакетного двоканального витратоміра.

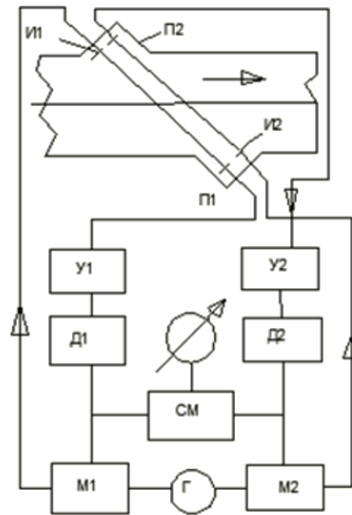


Рисунок 2.4 – Частотно-пакетний двоканальний витратомір

Розглянемо детально схему на рисунку 2.4. Спочатку на генераторі Г створюються високочастотні коливання, а саме 10 [МГц], далі вони надходять до модуляторів М1 та М2 і після них сигнал прямує через детектори Д1 і Д2 та через підсилювачі У1 та У2 до п'єзоелементів П1 та П2. Модулятори працюють в режимі тригерів, що не дозволяє сигналу пройти до випромінювачів И1 та И2. Вони відкриваються знову, у випадку, як останні коливання досягнуть М1 та М2. Вимірювання різниці частот створюється за допомогою приладу, який підключають до змішувального каскаду СМ.

В частотно-імпульсних витратомірах генератором створюються короткі імпульси замість неперервних коливань. Ці імпульси прямують до випромінюючих п'єзоелементів з певними інтервалами, вони дорівнюють часу проходження ультразвуку за потоком і проти нього. В таких схемах використовуються частоти вдвічі більші за ті, з якими працюють частотно-пакетні витратоміри.

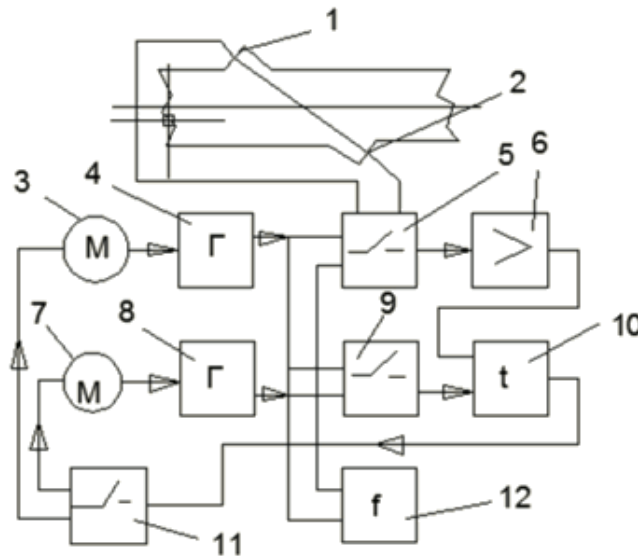


Рисунок 2.5 – Одноканальний частотний витратомір

Точні виміри в таких витратомірах досить важко отримати, оскільки вони мають невелику різницю частот. Через це існує велика кількість способів, як збільшити різницю частот, як правило в одноканальних схемах. Одним з них є виділення гармоніки з частот і виміри частоти різниці, а також її множення на деяку кількість разів перед тим, як різницева частота надійде до вимірювального пристрою. На рисунку 2.5 показано схему, яка вимірює різницю частот двох керованих генераторів.

В цій схемі частота підстроюється автоматично, що в свою чергу дає змогу встановити особливі періоди частот, котрі в декілька разів будуть меншими за час поширення ультразвуку в потоці рідини.

На наведеній на рисунку 2.5 схемі до п'єзоелементів 1 та 2 по чергово надходять електричні імпульси від генератора 4 та 8 з різними періодами повторення. Час, за який ультразвук проходить за потоком рідини і проти нього в декілька разів більший за ці періоди, через це в потоці одночасно перебуватиме деяка кількість імпульсів. Комутатор 5 одночасно з'єднує перший п'єзоелемент 1 з генератором 4, і другий п'єзоелемент 2 з'єднується з підсилювачем 6. Під час роботи зворотної послідовності імпульсів сигнал з

генератора 8 прямує до п'єзоелементу 2, а сигнал з підсилювача 6 прямує до першого п'єзоелементу 1. До дискримінатора часу 10 також одночасно надходять імпульси від підсилювача 6 і одного з генераторів, 4 або 8 через комутатор 9. Імпульси від генератора створюють опорну напругу, при цьому на виході дискримінатора нульова напруга, у випадку, коли імпульси з підсилювача 6 одночасно надходять і з генераторів. Напруга на виході дискримінатора має полярність, що залежить від імпульсів з генератора 6, ці імпульси порівнюються з опорними і можуть або випереджати їх, або відставати. Потім напруга, що виникла на виході дискримінатора прямує реверсивних двигунів 3 та 7 через комутатор 11 і підсилювачі. Ці двигуни здатні змінювати частоту імпульсів, що створюються генераторами 4 та 8 поки напруга на виході дискримінатора не буде нульової напруги. Частотомір 12 слугує в даній схемі для вимірів частоти імпульсів, що надходять з генераторів.

Існує ще один спосіб, за допомогою якого вимірюють різницеву частоту. Він полягає в вимірі різності частот з генераторів, що створюють високу частоту, в одному з них період генеруючих коливань пропорційний часу, за який акустичні коливання проходять за потоком, а в другого генератора – проти потоку. Після того як коливання пройдуть через подільний пристрій, кожні 6 секунд будуть надсилатись два імпульси, що розділені часом. Шлях одного з них пролягає через потік, за або проти нього, потім після підсилювача прямує до порівнюючої схеми, а інший не проходить акустичний тракт і відразу направляється до схеми. Оскільки нам треба, щоб ці імпульси приходили одночасно, то схема порівняння буде аналізувати з якою затримкою вони надходять і на основі цього аналізу буде включатись регулятор частоти одного з генераторів, це відбуватиметься до тих пір, поки обидва імпульси не надійдуть одночасно до схеми порівняння. Це можливо тільки у випадку, коли їх періоди будуть дорівнювати один одному. При цьому похибка при вимірі втрати не більше  $\pm 1\%$ .

У частотно-імпульсних витратомірах з одним каналом спрямовані проти потоку і за ним імпульси комутуються по чергово. Через це виникає необхідність точно вимірювати і запам'ятовувати частоти автоматичної циркуляції з подальшим виміром різниці. Також похибка може збільшитись під час неодночасного зондування рідини, це стається через можливу зміну гідродинамічних властивостей. Нівелювати такі недоліки можливо, якщо використовувати одноканальні витратоміри, в них ультразвукові сигнали є повністю безінерційними, і їм властива одночасна автоматична циркуляція. Це дозволяє використовувати схеми, що не запам'ятовують ці частоти і не потребують подальшого виділення сигналів різниць цих частот, при цьому великі похибки стають неможливими. Також у таких витратомірах існує функція автоматичного відновлення дії, у випадку, якщо робота схеми порушується через появу газової фази, іншими словами – акустичну непрозорість. Витратоміри проводять індикацію напрямку потоку і вимірюють імовірні втрати за потоком та проти нього.

Схемна реалізація регулятора потоку дуже широко використовується через низьку похибку  $\pm 0,5\%$ , він здатен довгий час працювати в заводських умовах. Існують і регулятори, що проводять точні виміри в динамічних умовах, наприклад за допомогою них проводять виміри витрат палива в авіації. Також проводили випробування вимірюючи пальне в вантажних автомобілях під час різкого повороту потоку під кутом  $90^\circ$ . Результати вимірів витратоміром не показали ніяких змін порівняно з випробуванням на прямій ділянці, а це означає, що такий витратомір можна встановлювати і не на прямолінійну ділянку труби. Про їх надійність також говорить висока збіжність вимірювань, оскільки, дослідження проводились у різних точках і при сталому потоці всі цифри послідовних вимірювань повторилися [12].

### 2.1.3 Часоімпульсні ультразвукові витратоміри

Часоімпульсні витратоміри основані на вимірах різниці часу, за який переміщуються короткі імпульси за та проти потоку рідини. Як правило такі витратоміри одноканальні та їх схеми працюють на досить коротких імпульсах довжиною 0,1-0,2 [мкс] і певною частотою, ці імпульси прямують по черзі назустріч один одному, або одночасно.

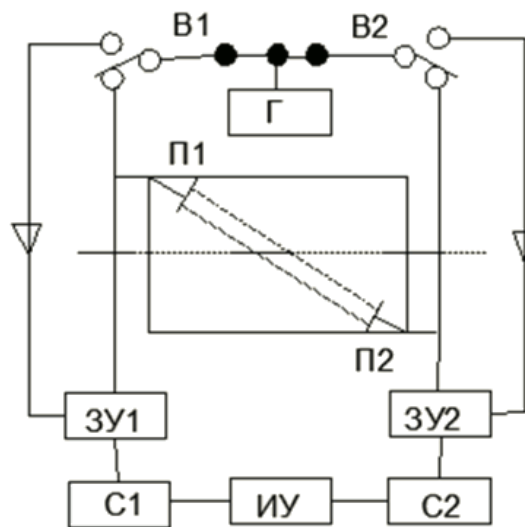


Рисунок 2.6 – Одноканальний часоімпульсний витратомір

Розглянемо детально структурну схему одноканального часоімпульсного витратоміра (рис. 2.5). Імпульси частотою проходження 800 [Гц], амплітудою 700 [В] та тривалістю 0,2 [мкс] створюються генератором Г, далі вони прямують до В1 та В2, які працюють на частоті 400 [Гц], та по чергово надходять до п'єзоелементів П1 та П2. Ці п'єзоелементи створюють ультразвукові імпульси, що швидко затухають та проходять через рідину. В цей час вібраторами В1 та В2 відбувається ввімкнення зарядних пристроїв ЗУ1 чи ЗУ2. Генератор Г також одночасно посилає імпульси на п'єзоелемент П1 і на тригер ЗУ2, таким чином стан його провідності стає активним. Під час цього відбувається ввімкнення пристрою С2, що під час того, як проходять ультразвукові імпульси крізь рідину, створює

пилкоподібний сигнал, максимальне значення напруги якого пропорційне часу. Коли ультразвуковий імпульс, пройшовши рідину, досягне п'єзоелемента П2, відключиться пристрій С2. Однаково з цим, ультразвукові імпульси, що проходять крізь рідину проти її потоку, тобто від п'єзоелемента П1 до п'єзоелемента П2, пристрій С1 почне виробляти пилкоподібний сигнал, який також пропорційний часу. Пристрій ИУ слугує вимірювачем різниці цих напруг. Частота такого циклу 400 разів за секунду. Така реалізація дозволила досягнути похибки  $\pm 0,5\%$ .

Існують також і інші схемні реалізації часоімпульсних витратомірів. В одному з таких вдалося підвищити динамічні характеристики та усунути можливу похибку, що могла з'явитись через асиметрію. Вдалося це через забезпечення одночасної роботи п'єзоелементів, які створюють ультразвукові коливання, що в свою чергу рухаються назустріч один одному, через одночасне надходження коротких імпульсів на п'єзоелементи, саме так і відбувається їх створення. Коли ці коливання досягають протилежного п'єзоелементу, всередині них створюються імпульси, які надалі, разом з сигналом генератора підсилюються в відповідному колі, проходячи також через формувач, прямують до пристрою, який виробляє пилкоподібний сигнал, що є пропорційним часу [12].

#### **2.1.4 Ультразвукові витратоміри, з коливаннями, що перпендикулярні руху рідини**

Суттєвою відмінністю таких витратомірів є відсутність коливань, що направлені за потоком рідини. Сутність їх роботи полягає в ультразвукових коливаннях, які відмінно від інших типів ультразвукових витратомірів, проходять через рідину перпендикулярно, в такому випадку аналіз здійснюється на основі відхилення цих коливань від перпендикулярної осі. Сила таких відхилень залежить від швидкості потоку, що вимірюється. При

цьому випромінювачем виступає лише один п'єзоелемент, а приймачем коливань один або два.

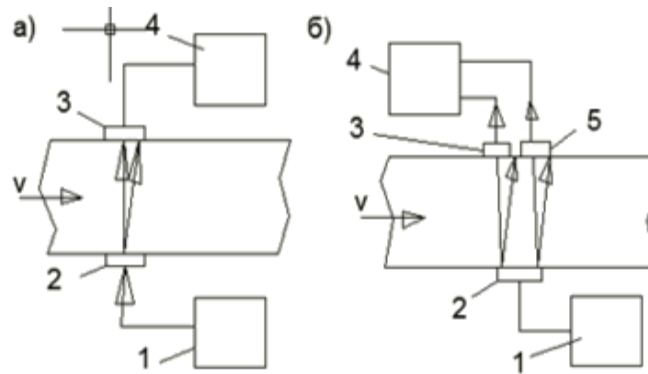


Рисунок 2.7 – Витратомір з перпендикулярним випроміненням до осі труби:  
а) – з одним приймаючим п'єзоелементом; б) – з двома приймаючими п'єзоелементами

В схемній реалізації витратоміра з одним приймаючим елементом (рис. 2.7, а) кількість акустичних коливань, що надійдуть на приймаючий елемент буде зменшуватись тим більше, чим більшою буде швидкість потоку рідини, через це сигнал на виході приймача буде слабшати. В іншому випадку, коли приймачами виступають два п'єзоелементи, що відносно випромінювача 2, встановлені симетрично (рис. 2.7, б), сигнал, що виходить з підсилювача 4, навпаки зростатиме з ростом швидкості. У випадку, якщо швидкість руху рідини буде нульовою, вихідний сигнал також дорівнюватиме нулю. Це відбувається через рівність акустичної енергії, котра прямує до п'єзоелементів 3 та 5. Вони є ввімкненими назустріч. Такі схеми є досить простими і мають свої недоліки, наприклад не надто стабільні показники, через зміни коефіцієнта поглинання, також на точність вимірювань впливає мала чутливість цього методу.

Щоб нівелювати ці недоліки було створено витратоміри, які працюють завдяки багатократному відбиванню коливань від стінок.

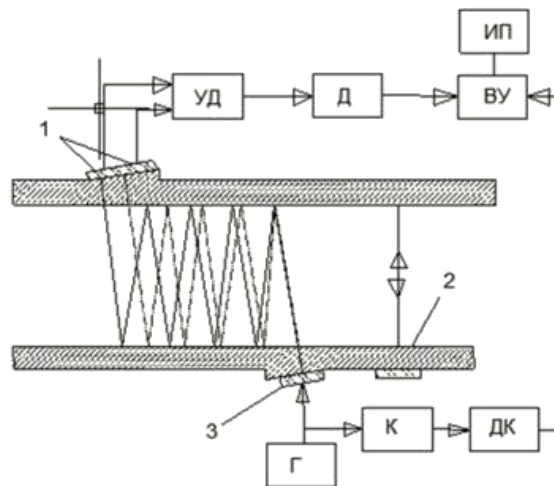


Рисунок 2.8 – Схема витратоміра з відбиваючими коливаннями

Зі схеми, наведеної на рисунку 2.8 бачимо, що пучок коливань спрямовано не перпендикулярно відносно осі труби, а під деяким кутом. Для більшої наочності, на даній схемі шлях, який проходить ультразвуковий промінь показаний суцільною лінією при нульовій швидкості. Таким чином п'єзоелементи, що працюють в режимі приймачів отримують одну кількість акустичних коливань, тому сигнал, що формується на виході підсилювача УД відсутній. У випадку, коли швидкість потоку не нульова, шлях ультразвукового променя наведений штрихом.

Від швидкості променя ультразвукових коливань залежить кількість акустичної енергії, яку отримає розташований зліва п'єзоелемент, відповідно через це на виході диференційного підсилювача УД створиться потужний сигнал. Генератором Г створюються сигнали, що потім прямують до комутатора К і випромінювача 3. На схемі також присутній допоміжний п'єзоелемент, порушення якого відбувається через резонансну частоту. Сигнал, що створюється цим п'єзоелементом є пропорційним акустичному опору рідини. Він проходить через схему з детектором корекції ДК до обчислювального пристрою ВУ. В даному контурі відбувається множення

сигналу на основний, що в свою чергу є пропорційним швидкості потоку та прямує через детектор Д з підсилювача УД. Прилад МП в цій схемі слугує для вимірювання результуючого сигналу. Використовуючи саме цю схему можливо досягнути високої чутливості, проте показання таких витратомірів дуже залежать від корозії або забруднення, тобто внутрішнього стану труб, адже при наявності цих явищ відбиваюча здатність внутрішньої поверхні труби сильно зміниться [12].

### 2.1.5 Доплерівські ультразвукові витратоміри

Такі витратоміри працюють завдяки вимірюванням, що залежать від витрати доплерівської частотної різниці. Вона виникає під час відбиття акустичних коливань і також залежить від швидкості їх поширення.

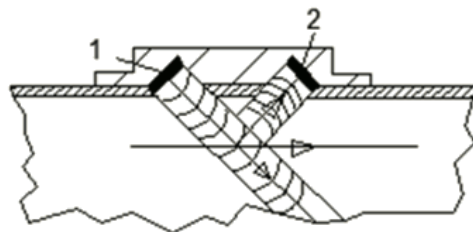


Рисунок 2.9 – Схема доплерівського витратоміра

На рисунку 2.9 наведено розташування п'єзоелементів, бачимо, що випромінюючий і приймальний п'єзоелементи розташовані симетрично відносно осі труби. Через це, різниця частот, яку ми можемо виміряти і слугує виміром швидкості потоку. В цьому полягає подібність доплерівських витратомірів з іншими, котрі працюють на основі виміру місцевих швидкостей. Щоб застосовувати їх в роботі необхідно знати співвідношення частки відбивача, швидкості, і середньої швидкості потоку.

Існує можливість виміряти профіль швидкостей за допомогою доплерівського методу вимірювань в різних точках, що знаходяться в діаметральному перерізі потоку. Щоб провести такі виміри, випромінюючий п'єзоелемент створює короткотривалі імпульси частотою 15-23 [кГц] довжиною 0,1-1 [мкс]. Приймаючий п'єзоелемент відкривається лише через деякий час після того, як буде надіслано імпульс. Таким чином, при вимірі часу затримки і проводиться аналіз швидкості часток, які знаходяться в перетині потоку рідини.

У випадку, якщо діаметр труби невеликий, іноді встановлюють витратоміри, з довжиною приймального і випромінюючого п'єзоелементів, рівною внутрішньому діаметру цієї труби. Такі витратоміри здатні реагувати не тільки на одну, а й на декілька швидкостей.

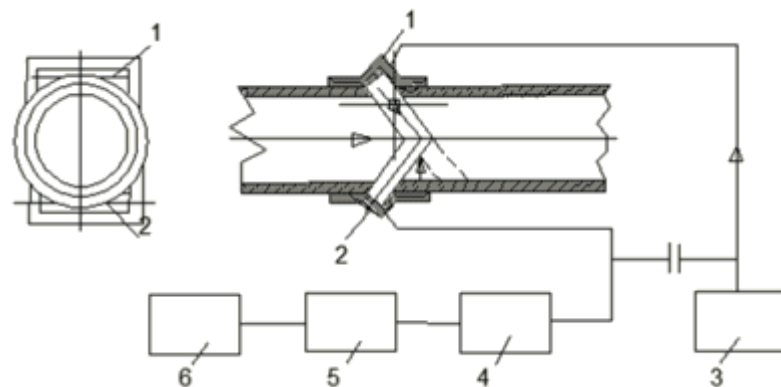


Рисунок 2.10 – Схема доплерівського витратоміра в трубі малого діаметра

На рисунку 2.10 наведено приклад витратоміра, що реагує на декілька швидкостей одразу. В цій схемі використовуються п'єзоелементи, що мають довжину 20 [мм], ширину 5-6 [мм], частоту випромінювання і доплерівське зрушення близько 5 та 15 [кГц] відповідно, також вони виконані з титанату барію.

В перехідній зоні можливі неточні показання, а тому п'єзоелементи в ній екранують. Через це стрімко виросло відношення швидкостей в ламінарній зоні. Також існує ризик утворення вихорів в місцях, де встановлено п'єзоелемент, тому ці місця почали заповнювати особливою фольгою, яка створюється з полістеролу, тому що вона має такий же акустичний опір як і вода. Сьогодні доплерівські витратоміри встановлюють з зовнішнього боку труби, щоб усунути такі проблеми, тим більше, такий метод дозволяє проводити виміри і в забрудненій воді, проте слід брати до уваги нові похибки, до яких відноситься заломлення ультразвукових променів в стінках труби.

Доплерівські витратоміри менш точні, а їх похибка порівняно більше, ніж в інших, вона становить 2-3 %, іноді навіть і більше. Вона обумовлена тим, що вихідний сигнал з п'єзоелементів це не одна частота, а спектр частот, що виникають через зсув вихідної частоти, ці частоти відбиваються декількома частинками-відбивачами, що мають різну швидкість. Не зважаючи на досить велику похибку вимірювань доплерівські витратоміри досить широко застосовуються в проведенні вимірювань. З їх допомогою контролюють витрати різних рідин, таких як пульпи, суспензії, емульсії, в них містяться маленькі частинки, які мають інакшу щільність, порівняно з рідиною, в якій вони знаходяться, саме від них і відбивається промінь. Проте, в деяких, випадках цими витратомірами можна користуватись і в звичайних рідинах, де присутні газові бульбашки. Цього може цілком вистачити для ефекту Доплера. Іноді в потік рідини вдувають газ, або звичайне повітря через отвір 0,25-0,5 [мм], це дозволяє створити штучні бульбашки та провести вимірювання. Втрати газу, що вдувається, становлять приблизно 0,005 – 0,1% від загальних втрат самої рідини [12].

### 2.1.6 Низькочастотні акустичні витратоміри

Головною відмінністю таких витратомірів є частота, на якій вони працюють. В порівнянні з іншими, низькочастотні витратоміри працюють на звукових частотах.

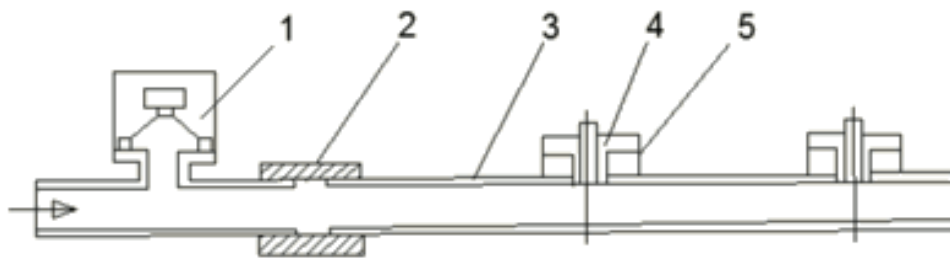


Рисунок 2.11 – Схема акустичного витратоміра низької частоти

Згідно схеми на рис. 2.11, в таких витратомірах замість п'єзоелементів використовується гучномовець, який слугує джерелом акустичних коливань. В даному випадку вимірювання проводились в трубі з латуні, що має діаметр 50 [мм], гучномовець 1 встановлено на вхідній ділянці труби. Цифрою 2 позначена муфта, вона слугує не тільки для з'єднання з трубою 3, а й для запобігання передаванню вібрацій по всій трубі. Також на схемі бачимо встановлені два мікрофони, відстань між ними складає 305 [мм], мікрофон позначено цифрою 4. Прикріплюються вони за допомогою прокладок з пористої гуми 5, що також перешкоджає вібраціям впливати на виміри. Мікрофони всередині мають діафрагму, і розташовані так, щоб вона була в один рівень із внутрішньою стінкою труби. Гучномовець 1 створює коливання з такою довжиною хвилі, що перевищує діаметр трубопроводу в декілька разів. Таким чином можна не боятись впливу високочастотних завад. Акустична хвиля відбиваючись від обох кінців труби розділяється на

дві, що потім рухаються назустріч одна одній. Так в трубопроводі створюється стояча хвиля. Оскільки амплітуди цих хвиль не рівні одна одній, то і амплітуда стоячої хвилі не дорівнюватиме нулю.

Результат вимірювань залежить від місця розташування гучномовця. Наприклад, якщо гучномовець встановлено перед мікрофонами (рис. 2.11), то хвиля буде формуватися з тієї, що виходить з гучномовця 1 та тієї, що відіб'ється від переднього кінця труби. При цьому зворотна хвиля відбиватиметься від опорів між мікрофонами та гучномовцем, а також від вихідного кінця труби. Мікрофони не слід встановлювати поблизу вузлів стоячої хвилі, адже їх фази синусоїдальних сигналів будуть збігатися при нульовій швидкості потоку. Як тільки рідина в трубі почне рухатись, то і фази будуть зсуватись тим більше, чим більше швидкість потоку рідини. Також, на вимірювання впливає і відстань між мікрофонами, її обирають такою, щоб вона була рівною довжині хвилі, або дорівнювала половині цієї довжини [12].

## 2.2 П'єзокерамічні випромінювачі

П'єзокерамічний випромінювач (п'єзоелемент) – це електроакустичний пристрій для відтворення звукових коливань, що використовує обернений п'єзоелектричний ефект. Вони складаються з металевої пластини, на поверхню якої наносять шар п'єзоелектричної кераміки, він має струмопровідне напилення з зовнішньої сторони. Це напилення і сама металева пластина є контактами, на які подається змінна напруга, внаслідок чого і відбувається випромінення акустичних коливань.

Принцип їх дії заснований на п'єзоелектричному ефекті, відкритому братами П'єром і Жаком Кюрі ще в 1880 році, і полягає в тому, що в деяких кристалах (кварц, турмалін, сегнетова сіль та ін.) Під дією прикладених

механічних сил на їх гранях утворюються електричні заряди. Залежно від виду кристалу, заряди можуть з'явитися і при зсуві, вигині і скручуванні. Крім вищеприписаного «прямого» ефекту існує і зворотний ефект, який був теоретично передбачений в 1881 році Ліпманом і експериментально підтверджений в роботах Кюрі. Якщо прикласти електричну напругу до обкладок п'єзокристалу, то він почне деформуватися: подовжуватися, згинатися, скручуватися, тощо. Ідея використовувати такі кристали в конструкції електроакустичних перетворювачів з'явилася дуже давно і була реалізована в період 1920-1940 років в звукознімачах, мікрофонах, акселерометрах, ультраакустичних перетворювачах та ін.

Природно, що протягом тривалого періоду часу вивчалися можливості використання цього ефекту і в акустичних випромінювачів в звуковому діапазоні частот. У період 1940-1965 років різні групи дослідників в Америці, Японії і Росії вели інтенсивні дослідження по створенню нового покоління п'єзоматеріалів з високими значеннями п'єзомодуля. Найбільш поширені для застосування в відеоапаратурі п'єзокерамічні матеріали були створені на основі титанату барію і цирконату-титанату свинцю зі стронцієм і ніобієм.



Рисунок 2.12 – П'єзокерамічний випромінювач

Іноді для підсилення гучності до пластини прикріплюють рупор, що має вигляд металевого чи пластикового куполу з отвором посередині (рис.

2.12). П'єзоелементи також можна використовувати в якості датчика або п'єзоелектричного мікрофона. Своє широке використання такі випромінювачі знайшли не тільки у витратомірах, а й в різній побутовій техніці, дитячих іграшках, що випромінюють звук, будильниках, телефонах і навіть, в якості випромінюючих пристроїв в системах відлякування комах та гризунів, що працюють на ультразвукових частотах [13].

### **Висновки до розділу**

На основі проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

- Ультразвукові витратоміри (УВ) – це прилади, що засновуються на вимірах ефекту, який, в свою чергу, залежить від витрат, виникаючих від того, як проходять акустичні коливання крізь потік газу або рідини;
- Існуючі витратоміри дуже між собою різняться за схемною реалізацією;
- Для вимірювання чистих рідин потрібно працювати з високими частотами, для рідин з домішками частоту необхідно знижувати;
- За числом акустичних каналів витратоміри різняться на:
  - однопроменеві;
  - двопроменеві;
  - багатопроменеві;
- За принципом аналізу витратоміри різняться на:
  - фазові;
  - часо-імпульсні;
  - частотні;
- Зондування краще проводити за хордами, розрізняють зондування за хордами в площині та в просторі;

- Фазові УВ працюють на залежності фазових зсувів коливань ультразвуку, що виникають на приймачах, від різниці часу проходження однакової відстані цими коливаннями за потоком або проти нього;
- Частотні УВ створені завдяки ідеї вимірювати залежність різниць частот коливань від різниці часу, який витрачається під час проходження цих імпульсів однієї відстані в рідині, або різниці частоти повторення коротких імпульсів;
- Часо-імпульсні витратоміри основані на вимірах різниці часу, за який переміщуються короткі імпульси за та проти потоку рідини;
- Суттєвою відмінністю витратомірів з коливаннями, що перпендикулярні руху рідини є відсутність коливань, що направлені за потоком рідини;
- Доплерівські витратоміри працюють завдяки вимірюванням, що залежать від витрати доплерівської частотної різниці;
- Головною відмінністю низькочастотних акустичних витратомірів є низька частота, на якій вони працюють;
- П'єзокерамічні випромінювачі використовуються майже в усіх витратомірах. Це електроакустичний пристрій для відтворення звукових коливань, що використовує п'єзоелектричний ефект.

## **3 РОЗРОБКА АУДІО –ВІДЕО СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ГІДРОПРИВОДОМ ВОДОВІДЛИВНОЇ УСТАНОВКИ**

### **3.1 Основні методи регулювання роботи насосів**

У випадку, коли робота шахтного водовідливу є неправильною, тобто насосні установки подають менше води, ніж повинні, або двигун насосу перевантажений, роботу насосів потрібно регулювати. Ці явища виникають через заростання труб.

Усі відомі способи, що дозволяють виконати таке регулювання створені на основі зміни напірних характеристик обладнання або мережі. При цьому регулювання самих відцентрових насосів забезпечується при сталій окружній швидкості і за допомогою зміни цієї швидкості. Існує два основних способи регулювання режиму роботи відцентрових насосів. Перший – регулювання основного засуву на виході з насосу і другий – зміна швидкості обертів валу.

Регулювання основного засуву, що встановлений на самому початку напірної лінії може бути реалізованим як автоматично так і за допомогою оператора. У випадку, коли засув буде повністю закритим, може здійснитися пуск насосної установки в роботу, проте нею можна регулювати роботу відцентрового насосу, шляхом зміни напору рідини і її подачі в процесі експлуатації. Коли засув відкривається, то відбувається зростання подачі рідини, але разом з цим відбувається зростання споживної потужності, її величина обмежується потужністю двигуна [14].

При закритому засові відбувається погіршення гідравлічного робочого процесу самого насосу. При малих витратах, в ньому з'являються такі явища як шум, вібрація, зворотні протоки рідини і нагрів двигуна та поточного тракту. Ці явища виникають через дроселювання засову, що знаходиться на виході, саме через дроселювання виникають значні втрати енергії.

Змінюють число обертів валу двигуна за допомогою спеціалізованих пристроїв, наприклад використовують теристорні перетворювачі частоти. Змінюючи частоту напруги можна керувати обертами валу електродвигунів. Такий спосіб керування дорогий у використанні, адже для його реалізації необхідно сильно ускладнити вже існуючу установку, що також створює свої складнощі в її обслуговуванні. Проте керування числом обертів дає змогу зберігати насосні характеристики, а саме потужність, напір, та зміну подачі, які є пропорційними першій, другій та третій ступеням зміни обертів. Також при такому методі керування повинні враховуватись граничні характеристики, такі як  $H_{\max}$ ,  $N_{\max}$  та  $Q_{\max}$ .

Метод зміни частоти обертів електродвигуна також чудовий тим, що дозволяє більше економити електроенергію, особливо, якщо пристрої регулювання встановити на всі водоводи. Більшої економії можливо досягти, якщо оптимізувати роботу всієї системи, куди входить насос, двигун та трубопроводи. Вибір правильної номінальної частоти обертів робочого колеса, яка повинна відповідати основним режимам роботи водовідливної установки, дозволяє адаптувати характеристики до тих, що мають гідравлічні мережі. Це можна назвати однією з найголовніших переваг при використанні регульованих електроприводів насосних агрегатів. Слід відмітити, що номінальна швидкість все ж таки може відрізнятись від стандартної, а отже допускається як перевищення цього значення, так і заниження. Оскільки роботу шахт необхідно оптимізувати як з енергетичної точки зору, так і з економічної, то роботу більшості насосних станцій та самих насосів слід організувати за принципами змінної продуктивності [14].

Існують також і гідравлічні способи, проте вони не є економічними, також не мають можливості забезпечення автоматичного управління.

Описані методи сприяють запобіганню коливань тиску, що неодмінно виникає під час роботи водовідливних установок, особливо якщо її робота проходить при досить великому нагнітанні. Такі коливання тиску спроможні спричинити розривання стінки трубопроводів, оскільки через зміну

швидкостей води, що рухається, з'являється таке явище як гідроудар, він і є причиною появи підвищеного тиску в трубопроводах. Ці явища дуже небезпечні, через існуючу імовірність розриву самої труби, виходу з ладу окремих елементів установки, розгерметизацію фланцевих з'єднань та втрати стійкості по вертикальним ділянкам трубопроводу. Також можливі і резонансні явища, які неодмінно складають загрозу для всього вертикального ставу [14].

### 3.2 Аналіз методу управління гідроприводом за допомогою звуку

Для вирішення питання аудіо управління гідроприводом водовідливної установки необхідно проводити аналіз акустичних коливань. Зважаючи на всі недоліки та переваги ультразвукових витратомірів доцільніше використовувати саме п'єзокерамічні випромінювачі, оскільки вони дають змогу отримати звуковий файл, при обробці та аналізі якого, можна працювати зі спектрограмою.

При обробці сигналу спектр показує частотний контент всього сигналу. Це одновимірна функція амплітуди (вертикальна вісь) від частоти (горизонтальна вісь). Графічне зображення представлено на рисунку 3.1.

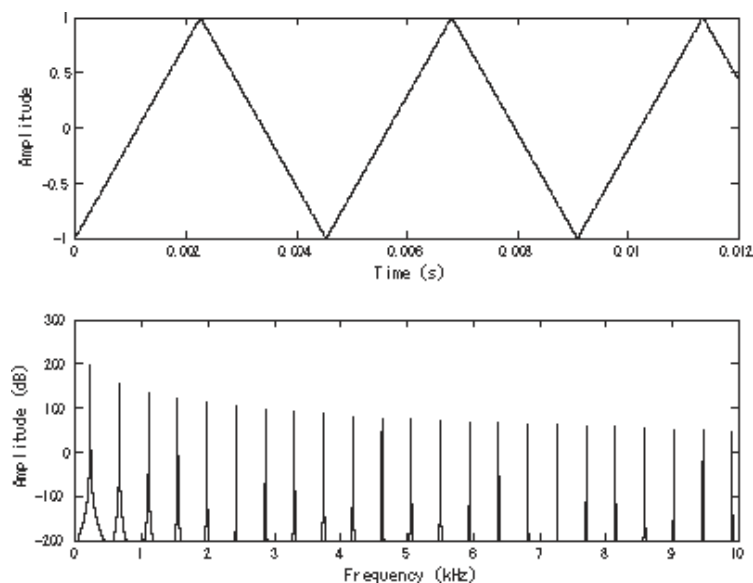


Рисунок 3.1 – Спектр аудіо сигналу

Спектр – це набір синусоїдальних коливань, що правильним чином скомбіновані, дають випромінений сигнал в часовій області. На рисунку 3.2 (а) показана хвилева форма складного сигналу. У випадку, коли виконується аналіз не лабораторного звуку, тобто не чистої синусоїди, а справжнього звукового сигналу, краще всього використовувати саме спектр в частотній області, оскільки, графічне відображення змін саме в часовій області (рис. 3.2, а), в нашому випадку, не дає змоги правильно проаналізувати спектр. Оскільки сигнал, з яким ми працюємо це не чиста синусоїда, створена в лабораторних умовах, нам потрібно правильно визначити частоти кожної хвилі. З рисунку 3.2 (б) бачимо, деякий сигнал, що показаний і в часовій, і в частотній області, він складається з двох хвиль, а значить не може бути чистою синусоїдою. Саме для цього і використовуються вимірювання спектру в частотній області. Проте, це не означає, що вимірювання в часовій області не потрібні, в деяких випадках вони є єдиними можливими. Наприклад, без зображення сигналу в частотній області неможливо виміряти довжину фронту і спаду імпульсу, також викиди та биття [15].

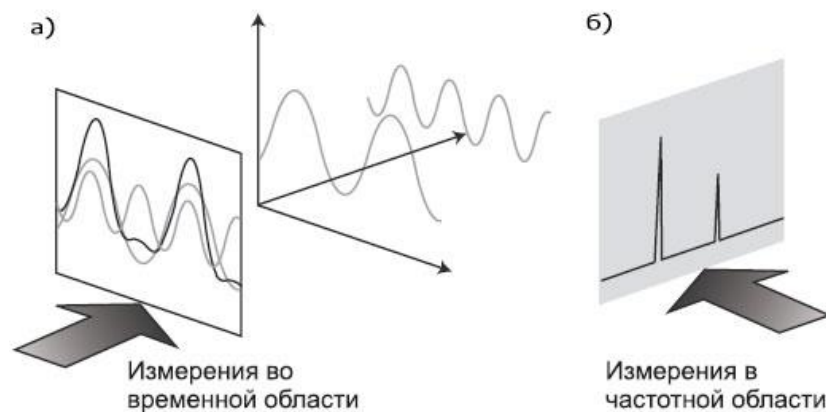


Рисунок 3.2 – Спектр сигналу в часовій області (а) та в частотній області (б)

Спектрограма це важливий вимір, що забезпечує інтуїтивно зрозуміле відображення залежності частоти і амплітуди сигналу від часу. По горизонтальній осі показується такий же діапазон частот, що і при відображенні залежності потужності від частоти в звичайному аналізаторі

[16]. Проте в спектрограмах по вертикальній осі відображається час, а амплітуда представлена кольором. Кожен «шар» спектрограми відповідає одному частотному спектру, що вираховується за одним кадром даних по часовій області. На рисунку 3.3 показано принцип створення спектрограми динамічного сигналу [17].

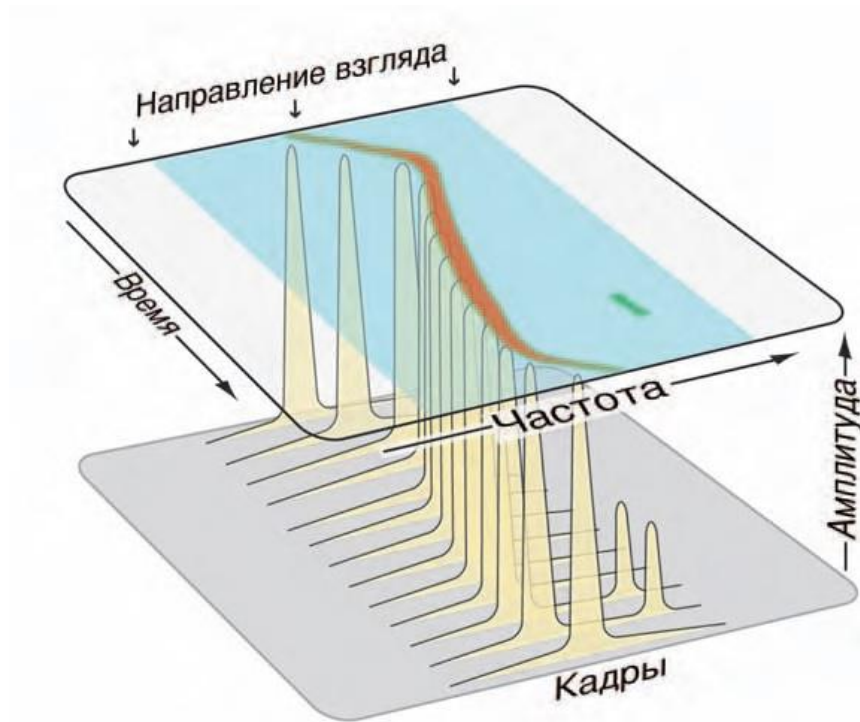


Рисунок 3.3 – Відображення спектрограми

Виходячи з вищесказаного, спектрограма - це графік, який показує частоту в вертикальній осі, а час в горизонтальній осі. Сигнальні рівні відображаються з використанням різних кольорів відповідно до певної кольорової гами. Теплі кольори, як червоний або помаранчевий, використовуються, щоб показати високий рівень сигналу, а холодні кольори, такі, як чорний і синій використовуються для низьких рівнів сигналу.

Початкова частота і кінцева частота відображаються на екрані разом з періодом часу, і часом, що минув з моменту коли спектрограма почалася (рис. 3.4) [17].

Вимірювання можна проводити також і в реальному часі. В такому випадку, на постійній основі на екрані будуть відображатися спектрограми в ході певного періоду часу. При цьому всі данні будуть залишатися в пам'яті аналізатора спектру та можуть передаватися прямо на комп'ютер, аналіз яких можна виконати пізніше.

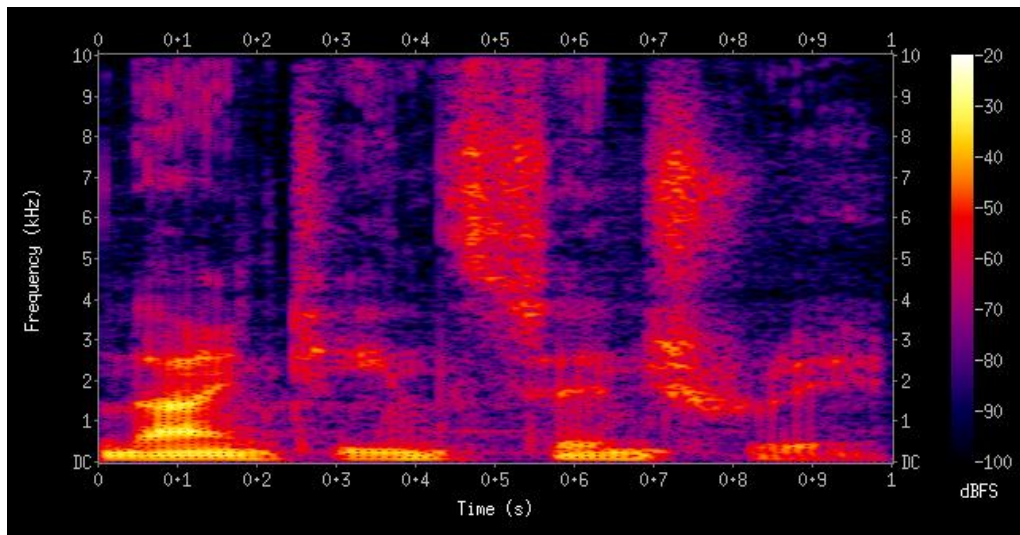


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд спектрограми

Дуже широко спектрограми використовуються для ідентифікації мови, аналізу звуків тварин, в різноманітних областях музики, радіолокації та гідролокації, також в обробці мови, сейсмології та інших областях.

Через те, що працююча водовідливна установка створює дуже великий шум, знаходитись поруч з нею довгий період часу практично неможливо, тому сигнал з п'єзокерамічного випромінювача потрібно передавати до віддаленого пункту управління. Реалізувати це можна по вже існуючим оптоволоконним лініям, що прокладені в штрєці шахти на всьому шляху до водовідливної установки. Цей метод є найідеальнішим, адже він дозволяє застосувати вже існуючі засоби передачі інформації, що є більш економічним рішенням. Також оптоволоконні лінії мають дуже велику швидкість передачі даних, це дозволяє миттєво передати сигнал до пункту управління, та

здійснити його якомога швидку обробку, для забезпечення управління водовідливною установкою.

### **3.3 Реалізація аудіо управління гідроприводом**

Під час роботи насосу водовідливної установки п'єзокерамічний випромінювач постійно реєструє акустичні коливання, що виникають. Ці коливання перетворюються в електричні аналогові імпульси, які через комп'ютерну обробку перетворюються в аудіо-файл, аналіз якого ми і будемо робити. Для того, щоб зрозуміти в який момент часу необхідно відключати електродвигун водовідливної установки, необхідно проаналізувати спектр частот, з цього аудіо-файлу.

Аналіз полягає в тому, щоб знайти найвищий пік зі всього спектру. Оскільки при роботі електродвигуна під навантаженням створюються коливання переважно меншої частоти, ніж без навантаження, цей пік і є тим моментом часу, коли двигун необхідно вимкнути, щоб він не пішов у «рознос».

Навантаження з двигуна пропадає у випадку, коли немає руху рідини, або він надто малий через явище заростання труб. Це відбувається через наявність у рідині домішок, які буквально заліплюють внутрішні стінки та здатні зменшити діаметр аж до 1 [см], при діаметрі самого трубопроводу 360 [см].

#### **3.3.1 Аналіз аудіо-файлу програмним забезпеченням Adobe Audition**

Для аналізу спектру частот та створення спектрограми використаємо програмне забезпечення Adobe Audition.

Adobe Audition – це один з найкращих аудіоредакторів на ринку професійних програм для оброблення звуку та відеопродукції. Цей

програмний засіб дозволяє виконувати різноманітну обробку аудіо за допомогою мультитрекового, недеструктивного та деструктивного редагування. Ця програма є дуже зручним інструментом для швидкого та якісного відеомонтажу, створення сучасного аудіоконтенту. Програма дозволяє безпосередньо експортувати дані через Adobe Media Encoder, підтримує потокову передачу даних з Adobe Premiere Pro, підтримує метадані iXML [18].

Базовий набір інструментів цієї програми включає в себе:

- Підтримку всіх існуючих розширень аудіофайлів;
- Вбудований аналізатор фази і спектра;
- Контроль спотворень звуку, усунення дефектів;
- Секвенсер;
- Звукові ефекти;
- Графічний і параметричний еквайзер;
- Аудіо перетворювач;
- Роботу з мультитрековий проектами в режимі обробки кожного каналу;
- 3D стерео звук.



Орім перерахованих вище функцій, за допомогою програми Adobe Audition можна виконувати автоматичне вирівнювання мови, витягання аудіо з CD-дисків, об'єднання і розтягування кліпів, створення сесій треків [18].

Після запуску Adobe Audition на екрані комп'ютера з'являється кольорова заставка. Потім буде відкрито головне вікно програми. Воно складається з головного меню, робочої області, індикатора рівнів звуку, що відіграється в програмі, панелі набору ефектів, та історії змін у файлі проекту.

У головному меню містяться такі розділи: Файл – містить команди роботи з файлами та опції настройки системи; Правка – містить інструменти роботи з проектом, такі як Вставить, Удалить, Отменить, Повторить;

Мультитрек – містить інструменти роботи в мультитрековому режимі редагування; Клип – містить інструменти роботи з кліпами; Эфффекты – містить самі ефекти, які можна застосовувати до аудіо-файлу проекту; Избранное – містить різні набори функцій, які користувач може додати до цього меню, щоб швидко знайти потрібний елемент; Вид – налаштування основних вікон; Окно – дозволяє налаштовувати головне вікно, відображати на закривати потрібні користувачу блоки програми; Справка – містить інформацію про програму та зв'язок із розробниками [18].

Під головним меню розташовані кнопки, які дозволяють виконувати швидке редагування аудіо-файлу, наприклад, виділення файлу, прямокутне виділення, ласо, інструмент лезо та інші.

Друга частина вікна це робоче поле, яке відображає спектр сигналу в частотній області, та за допомогою кнопки  можна викликати показ спектрограми, а кнопкою  викликається показ спектрального дисплею тональності [18].

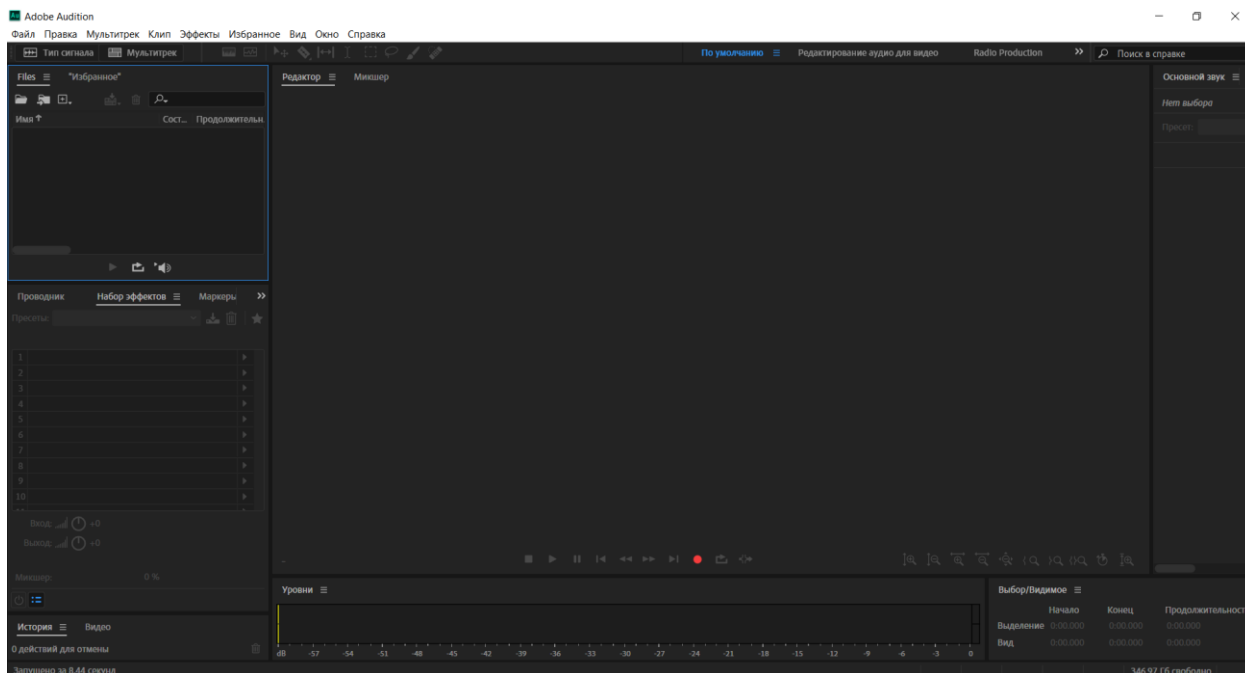


Рисунок 3.5 – Головне вікно програми Adobe Audition

Дана програма дуже гарно підходить для аналізу звукового файлу, що записаний при роботі водовідливної установки через свою простоту та легкість у використанні при виділенні необхідних характеристик звукового сигналу. Також за допомогою зручної організації робочого простору розробниками, буде легко визначити необхідний пік, сигналу, при якому необхідно буде відключити електродвигун.

З уже існуючого відео-файлу роботи водовідливної установки для початку потрібно виділити звук та переглянути спектр його частот. Для цього програмою Adobe Audition виконаємо імпорт файлу за допомогою меню Файл → Імпорт → Файл. Після того, як відео-файл відкриється ми одразу побачимо частотний спектр сигналу на головному екрані програми (рис. 3.6, 3.7)

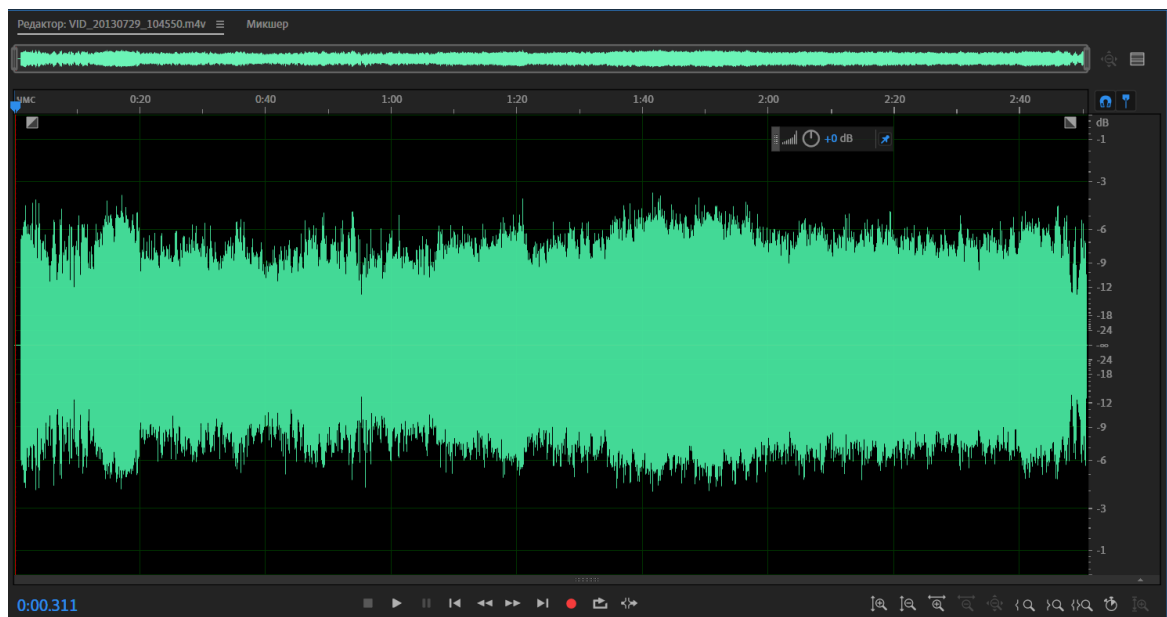


Рисунок 3.6 – Частотний спектр аудіо сигналу

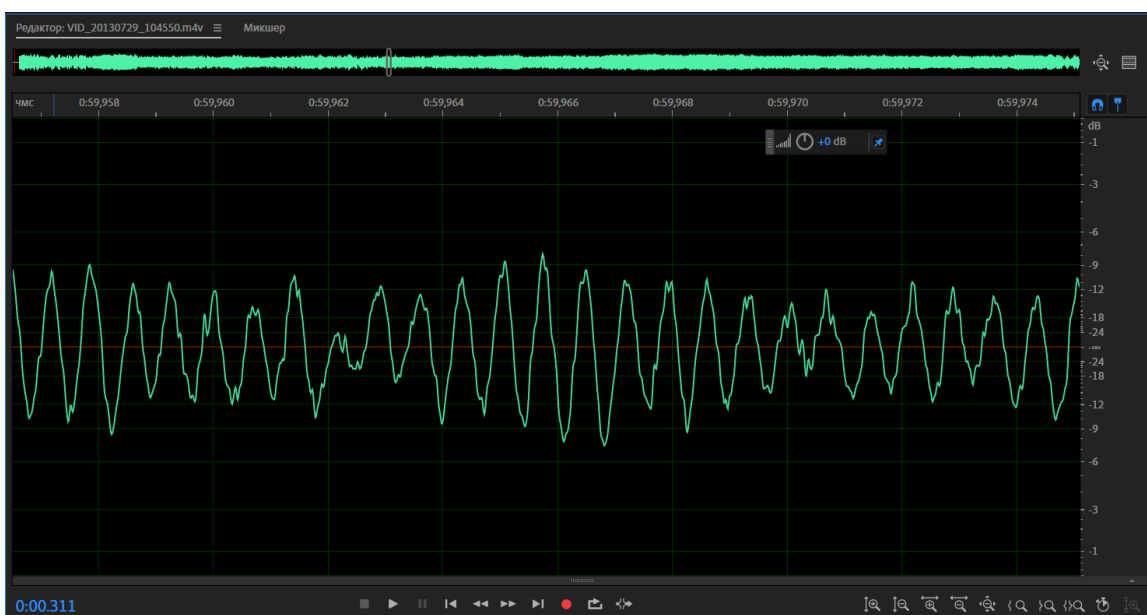



Рисунок 3.7 – Більш детальний вигляд сигналу

Як бачимо з рисунку 3.7 звуковий сигнал роботи водовідливної установки має досить складну форму. Для більш точного виділення піку такого сигналу скористаємося функцією, яка дозволяє відобразити спектрограму цього сигналу (рис. 3.8). Вона викликається кнопкою .

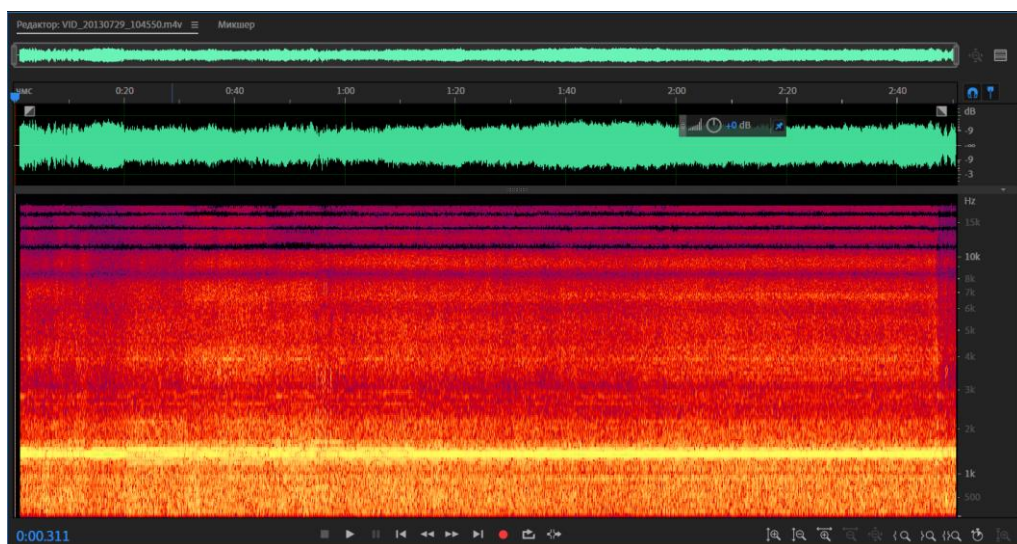



Рисунок 3.8 – Спектрограма сигналу

Як бачимо з рисунку 3.7 та рисунку 3.8 в цьому сигналі є один пік, в який і треба проводити миттєве виключення електродвигуна. Скористаємось

інструментом Выделение времени, який викликається кнопкою головного меню  (рис. 3.9).

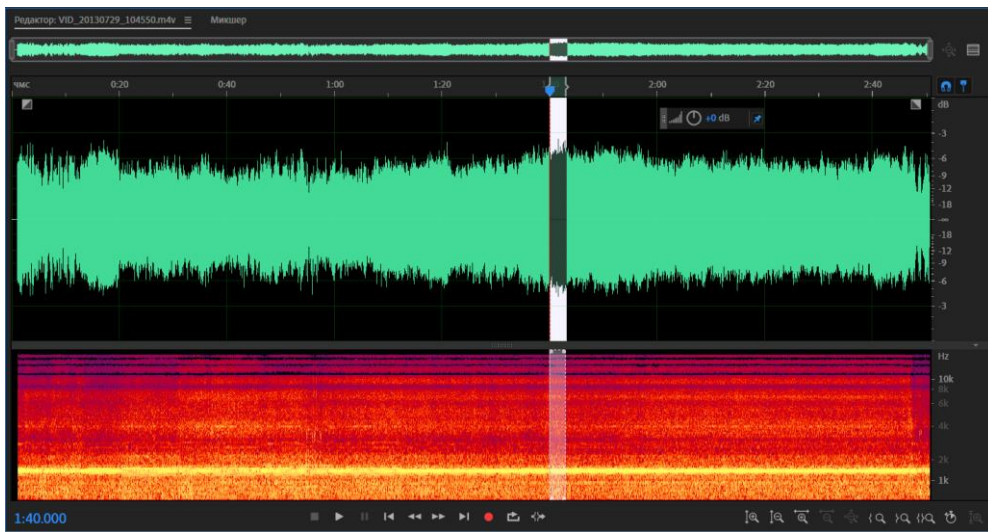


Рисунок 3.9 – Виділений пік сигналу

Після того, як ми визначили пік сигналу вже можна приймати рішення щодо того, коли відключати електродвигун водовідливної установки. Звісно ж людина не встигне прийняти рішення настільки швидко, наскільки цього потребує дане завдання, тому увесь аналіз та відключення буде перекладено на автоматику. Автоматичні системи керування повинні будуть забезпечити аналіз сигналу, який по оптоволоконним лініям надійде з п'єзокерамічного випромінювача. Цей аналіз полягатиме в постійному очікуванні системою, що сигнал перевищить якийсь певний рівень, який встановлюється інженером-розробником такої системи при її налаштуванні. Звісно для цього необхідно проводити деякі вимірювання та досліді. Після того, як система зареєструє перевищення такого рівня, тобто знайде той самий пік, вона повинна відключити електродвигун повністю, або хоча б дуже сильно обмежити частоту обертів електродвигуна.

Передачу всіх цих сигналів можна виконувати через вже встановлені системи SCADA, це дозволяє не встановлювати додаткового комп'ютерного

обладнання поблизу водовідливної установки, щоб виконувати передачу даних через оптоволоконні лінії.

### **3.4 Реалізація відеоспостереження за водовідливною установкою**

Системи відеоспостереження встановлюють задля забезпечення контролю обстановки в важливих та критичних місцях. Таким місцем є і водовідливна установка, оскільки є дуже багато факторів, які можуть впливати на її роботу. Висока деталізація картинки сучасних камер відеоспостереження дозволяє з високою точністю контролювати всі процеси, які мають місце при процедурі водовідливу. За їх допомогою можна контролювати велику кількість маленьких речей, що в подальшому, допомагає швидко відреагувати на можливі несправності та вносити корисні корективи і, навіть, оптимізувати роботу [19].

Сучасні системи відеоспостереження можуть працювати як на основі цифрових і мережевих відеореєстраторів, так і на основі мережевих IP камер відеоспостереження. В даному випадку важливо те, що IP-відеореєстратори і IP-камери є повноцінними мережевими вузлами. Відповідно, при наявності поблизу дротового або бездротового доступу до Інтернету можливий віддалений контроль обстановки відповідальними особами з будь-якої точки світу. Головна умова для обладнання і для людини - доступ в Інтернет [19]. Відеосигнал можна передавати як по оптоволоконним лініям, так і за допомогою WiFi, який також має чудове покриття по всьому штреку на шляху до водовідливної установки. Такий метод відео передачі також дозволяє створити віддалений контроль роботи водовідливу.

Камери відеоспостереження, встановлені в свідомо складних і небезпечних ділянках шахти дозволяють запобігти деяким надзвичайним ситуаціям, чим можуть зберегти життя людей та не привести до виникнення великих збитків.

Сьогодні системи відеоспостереження включають в себе камери, адаптовані до різних умов роботи, які здатні передавати дані декількома способами. Можлива передача сигналу з мережевого проводу, по коаксіальному (відео) кабелю, або взагалі по повітрю. Завдяки таким можливостям, всю систему відеоспостереження можливо конфігурувати в дуже широкому спектрі. Проте слід враховувати складність експлуатації звичайних камер відеоспостереження тяжкі робочі умови в шахтах. Камери можуть пошкодитися тим чи іншим способом, на них дуже сильно може впливати пил, вологість чи температура оточуючого повітря, через ці фактори такі прилади можуть швидко вийти з ладу. У зв'язку з цим потрібно обирати камери в антивандальних корпусах і з високим ступенем захисту від температури, вологи і пилу. Також камери повинні бути підготовленими до слабкого освітлення, або повної його відсутності. Низька пропускну можливість підземної комунікації може ускладнити передачу сигналу на поверхню, тому вирішити це питання можливо, якщо використовувати камеру, яка поєднує тепловізор та інфрачервону підсвітку [20].

Основні задачі, які повинна вирішувати система відеоспостереження полягають в наступному:

- Спостереження за робочим процесом з ціллю подальшої оптимізації;
- Спостереження за процесами водовідливу з ціллю оперативного усунення несправностей та виявлення причин неполадок;
- Контроль водовідливної установки;
- Архівування відеозаписів;
- Передача відео для віддаленого перегляду;
- Розбір можливих позаштатних ситуацій.

Сьогодні ринок існуючих камер відеоспостереження пропонує великий вибір різних типів камер. Проте їх можна грубо поділити на два основних типи – це ІР-камери та аналогові камери. До аналогових відносяться камери,

що працюють на таких стандартах як AHD, HDCVI, HDTVI, CVBS та мультистандартний MHD, що є об'єднанням усіх аналогових стандартів [21].

Через те, що в шахтах є великий ризик вибуху через утворення навіть маленької іскри, яка може виникнути при звичайній передачі відеосигналу по коаксіальним дротам, то для наших цілей необхідно вибрати IP-камеру, оскільки вона дозволяє створити передачу даних через оптоволоконні лінії або технологію WiFi.

Особливу увагу слід приділити вибору об'єктиву. Фокусна відстань буває постійною і змінною, об'єктиви зі змінною фокусною відстанню бувають моторизованими і керованими вручну. Об'єктив з «ручною» змінною фокусною відстанню серйозно полегшує інсталяцію, а сама відстань така, що не існує у фіксованих об'єктивів. Моторизований об'єктив існує для постійного моніторингу об'єкту з можливістю часто масштабувати зображення. Залежність параметрів фокусної відстані показана на рисунку 3.10.

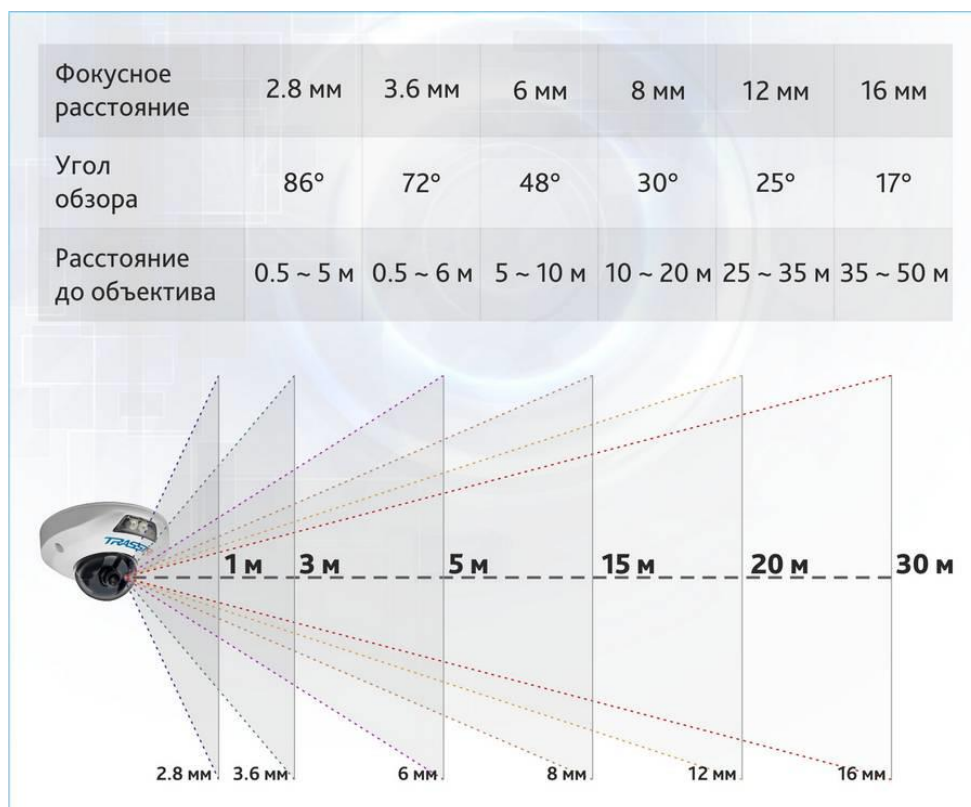


Рисунок 3.10 – Залежність довжини та ширини від фокусної відстані

Для забезпечення цілодобового відеоспостереження в умовах темноти, в якій постійно знаходиться водовідливна установка, слід використати камеру з інфрачервоним джерелом світла. Воно і буде замінювати звичайні випромінювачі такі як лампи та прожектори. Також для такої камери необхідно мати правильний об'єктив, а саме з інфрачервоною корекцією [21].

В таких об'єктивах світло, довжина хвилі якого потрапляє в діапазон, що здатне розрізнити людське око, має точку фокусу в одній точці, а промені світла з інфрачервоного діапазону – фокусуються в іншій. Щоб вихідна картинка не була розмитою, іншими словами – розфокусованою, необхідно зміщувати фокус. За цю операцію і відповідає об'єктив, з інфрачервоною корекцією.

Важливим параметром вибору також є матриця камери. Від неї дуже сильно залежить якість отримуваної картинки на виході, оскільки матриця отримує потік світла з об'єктива та здійснює його перетворення в цифровий потік. Її чутливість вимірюється в одиницях – Люксах, що є похідною від Люмена. Цей параметр відображає найменшу кількість світла, що є необхідною для того, щоб зображення сформувалося, наприклад 0,1 ~ 0,9 [лк], 0,01 ~ 0,09 [лк], чи 0,001 ~ 0,009 [лк]. Більш чутливою вважається та матриця, яка має цей параметр з якомога більшою кількістю нулів після крапки. Від чутливості матриці до світла залежить не тільки якість картинки, а й те, наскільки довго камера зможе не переходити в чорно-білий режим зйомки. Традиційно, найбільш чутливе зображення здатна видіти матриця з чутливістю 0.001 ~ 0.005 [лк], вона здатна формувати кольорове зображення без переходу в чорно-білий режим навіть при дуже слабкому освітленні. Проте увесь потенціал матриці можна не розкрити, якщо використовувати об'єктив з малою апертурою [22].

Апаратура камери - це отвір, через яке проходить світло. Цей елемент розташовується безпосередньо перед лінзою. Разом зі швидкістю спрацювання затвора, вона і є витримкою і світлочутливістю, іншими словами ISO, цей параметр визначає «трикутник експозиції» якісної фотозйомки. Вимірюється це значення величиною  $[f]$ , наприклад  $f/1.2$ ,  $f/2.0$ . Величина діафрагми говорить про відношення фокусної довжини до діаметру отвору перед об'єктивом. Чим нижче значення діафрагми, тим ширше відкритий об'єктив і тим більша кількість світла потрапить на поверхню матриці [22].

Для наших цілей необхідно також правильно вибрати розширення матриці. Не можна вибирати камери з дуже великим розширенням, оскільки чим вище розширення, тим нижче чутливість матриці і таким чином при однаковій кількості падаючого на матрицю світла пікселі отримають менше фотонів через те, що їх кількість буде більшою. Оптимальною при цьому, буде камера з розширенням матриці 5 або 8 мегапікселів. Це дасть можливість захватити більшу територію при зйомці а також буде достатньою щоб картинка була детальною при слабкому освітленні [22].

Насамперед від дальності інфрачервоного підсвічування залежить наскільки чіткою та освітленою буде картинка на виході з камери. Проте обирати її за дальністю не правильно, адже це означає, що інфрачервоний промінь буде дуже сфокусованим, а не розсіяним, а отже буде охоплювати меншу площу і об'єкти, які розташовані ближче можуть бути засвічені, що не дасть змоги розгледіти ці об'єкти. Також слід зауважити, що в темряві область огляду зменшується вдвічі, також якість може зменшитись через пил, від якого інфрачервоні промені дуже гарно відбиваються. Тому слід обирати ІР-камеру виходячи з точного балансу, що залежить від величини площі, яку необхідно освітлювати [22].

Зважаючи на всі нюанси вибору самої ІР-камери, можемо визначити місце, де її можна встановити. Оскільки нашою задачею є контроль двигуна

електроприводу водовідливної установки, то і камеру слід направити саме на нього (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Зображення з камери

З рисунку 3.11, бачимо саму насосну установку і одночасно працівника, який виконує необхідні налаштування, тому дане місце дуже добре підходить для забезпечення відеоспостереження за роботою водовідливної установки.

Сигнал, що йде з камери слід передавати за допомогою вже прокладених оптоволоконних ліній, таким чином ми забезпечуємо досить швидку передачу інформації, виключаємо фактори спотворення відеосигналу через не високу проникність радіохвиль, та зменшуємо імовірність виникнення вибуху, адже при передачі інформації по оптоволоконним лініям просто ніде взятись іскрі.

### **Висновки до розділу**

Через заростання труб відбувається мала подача води, це призводить до виходу л л аду насосного обладнання, тому його роботу необхідно

регулювати. Існує два основних способи регуляції насосів, це регуляція основного засуву та зміна швидкості обертів двигуна. Через велику кількість недоліків, перевагу у питанні регуляції роботи електродвигуна слід віддати методу зміни швидкості обертів, адже цей метод є більш економічним та краще оптимізує роботу.

Контроль обертів можна здійснювати за допомогою звуку, це дозволяє миттєво відреагувати на проблему, що може виникнути в перспективі. Система такого контролю повинна аналізувати спектр частот, що будуть надходити з п'єзокерамічного випромінювача та відключати живлення двигуна, або давати команду на зменшення частоти обертів двигуна, шляхом аналізу частотного спектру та знаходження в ньому піку сигналу. Здійснити аналіз самостійно можна за допомогою програми Adobe Audition, яка дозволяє з легкістю переглянути частотний спектр та спектрограму аудіо-файлів.

Також контроль можна здійснювати за допомогою відеоспостереження. Це дозволяє вирішити наступні задачі:

- Спостереження за робочим процесом з ціллю подальшої оптимізації;
- Спостереження за процесами водовідливу з ціллю оперативного усунення несправностей та виявлення причин неполадок;
- Віддалене спостереження за її роботою;
- Розбір можливих позаштатних ситуацій.

Слід дуже уважно підходити до вибору камери, яку потім буде встановлено на об'єкті, адже існує велика кількість нюансів, які можуть завадити нормальній роботі камери та передачі відеосигналу, серед яких велика кількість пилу в повітрі, підвищена вологість та температура навколишнього середовища. Камера також повинна мати інфрачервоне підсвічування, оскільки це забезпечує нормальну видимість в темряві без значних енергетичних втрат.

Передачу відео та аудіо сигналів слід організувати з застосуванням оптоволоконних ліній, адже це швидко передати інформацію та запобігти можливим позаштатним ситуаціям.

## ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі розглянуто аудіо та відео системи управління гідроприводом водовідливної установки. Вони включають в себе методи контролю насосного обладнання за допомогою акустичних коливань та систем відеоспостереження. Також проведено аналіз роботи водовідливних установок у шахтах глибокого гірничого видобутку. Згідно цього можна зробити такі висновки:

1. Розрізняють головний водовідлив, що призначений для відкачування рідини загальношахтного припливу та дільничний, за допомогою якого перекачують воду з окремих ділянок шахти на поверхню.

2. Кожна водовідливна установка складається з трьох однакових насосів, які одночасно виконують функцію працюючого, резервного та насоса, який знаходиться в ремонті. Кожна така установка має всмоктуючу та нагнітаючу труби, основний насос та заливний насос.

3. В таких установках використовуються відцентрові насоси, які мають робоче колесо з лопатями та асинхронний двигун, що приводить в рух відцентрове колесо. Корпус насоса має равликоподібну форму, що дозволяє забезпечити відкачування рідини використовуючи відцентрову силу.

4. Сьогодні контроль обладнання водовідливної установки організовано за допомогою систем SCADA. Також дуже сильно допомагає наявність систем мікро стільникового зв'язку, оптоволоконних ліній та WiFi.

5. Управління гідроприводом за допомогою звуку здійснюється за допомогою таких приладів як ультразвукові витратоміри. Вони діляться на фазові, часо-імпульсні та частотні, а за кількістю акустичних каналів на однопроменеві, двопроменеві та багатопроменеві.

6. Найкраще всього виконувати зондування за хордами, адже це дає змогу зменшити похибку вимірювань, що неодмінно виникає через профіль швидкостей. Існує багато різних схем зондування за хордами, вони поділяються на два типи: зондування в площині та в просторі.

7. При перевантаженні електродвигуна необхідно регулювати його роботу. Основні способи це регулювання основного засуву та зміна частоти обертів валу електродвигуна – цей спосіб є найкращим.

8. Контроль частоти обертів можна здійснювати за допомогою звуку. Для цього необхідно щоб система контролю проаналізувала частотний спектр та коли знайде пік цього спектру відключила електродвигун або обмежила кількість обертів.

9. За допомогою відеоспостереження можна контролювати робочий процес та працівників шахти, попередити деякі можливі несправності, переглядати роботу водовідливу в режимі реального часу віддалено.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Вугільна промисловість України [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C\\_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%83%D0%B3%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8)
2. Гірничча виробка [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B0\\_%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B0_%D0%B2%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BA%D0%B0)
3. Водоприток в подземные горные выработки [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.coal.in.ua/gornoe-delo/ventiljacija-osvewenie-i-vodootliv/2271-vodopritok-v-podzemnye-gornye-vyrabotki.html>
4. Реализация системы шахтного водоотлива [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.svaltera.ua/press-center/articles/9227.php>
5. Бессараб В.И., Федюн Р.В., Попов В.А. Управление шахтной водоотливной установкой в аварийных и аномальных режимах работы, наук. праця канд. Наук., фак-т комп. тех., Дон. нац. ун-т, Донецьк, 2006.
6. Принцип работы центробежного насоса [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ktto.com.ua/princip/nil>
7. Характеристики и принцип размещения насосного оборудования [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://poisk-ru.ru/s38412t7.html>

8. Каким бывает рабочее колесо центробежного насоса и как оно устроено [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа до ресурсу: <https://svo-trans.ru/nasosy/kakim-byvaet-raboochee-koleso-czentrobezhnogo-nasosa-i-kak-ono-ustroeno>
9. SCADA система, что это такое [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://indusoft.com.ua/publications/scada-systema-cto-jeto-takoe/>
10. Системы автоматического котроля и сбора информации [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <http://bourabai.kz/dbt/scada.htm>
11. Ультразвуковой метод измерения расхода [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <https://eno-tek.ru/blog/teplo-blog/ultrasonic-method>
12. Ультразвуковые расходомеры [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <http://npropramen.ru/information/other-flowmeters/physycal-phenomena/9-acoustic-flowmeters>
13. Пьезоэлектрический (пьезопленочный или пьезокерамический) громкоговоритель [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <http://ldsound.ru/pezoelektricheskij-pezoplenochnyj-ili-pezokeramicheskij-dinamik/>
14. Повышение эффективности водоотливных установок: Учеб. пособие/С.П.Шевчук. – К.: УМК ВО, 1990. – 104 с.
15. Основы анализа спектра [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа до ресурсу: <https://radiorf.ru/wp-content/uploads/2014/11/Osnovy-analiza-spektra.pdf>
16. Спектрограмма: ещё одна эксклюзивная функция от PROMAX [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа до ресурсу:

<https://www.promax.es/ru/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8/164/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0-%D0%B5%D1%89%D0%B5-%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0-%D1%8D%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%BB%D1%8E%D0%B7%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D1%84%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%BE%D1%82-PROMAX/>

17. Основы анализа спектра в реальном масштабе времени. Часть 1 [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа до ресурсу: <https://gtest.com.ua/osnovy-analiza-spektra-v-realnom-masshtabe-vremeni-chast-1.html>

18. Adobe Audition для Windows [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа до ресурсу: <https://audition.download-windows.org/>

19. Видеонаблюдение на производстве [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://dnepsecurity.com/v-promishlennosti/videonabljudenie-na-proizvodstve.html>

20. Системы видеонаблюдения в шахте [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://felenasoft.com/xeoma/ru/articles/video-surveillance-system-in-a-coal-mine/>

21. Как выбрать камеру наблюдения в 2020 году? Советы и типичные ошибки [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://bezpeka.club/ru/how-to-choose-a-surveillance-camera-in-2020/>

22. Как выбрать IP-камеру [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.dssl.ru/publications/stati/kak-vybrat-ip-kameru/>

**Додаток А**

**SUMMARY**

## ABSTRACT

The role of drainage in the development of industrial production is very large. Without this branch of technology, no mine can exist. Drainage plays a crucial role in the production process, without it it is impossible to implement deep mining. Drainage began its development in the Middle Ages. Initially, humans created a wheel that transfers water from one level to another that is driven by human force. Later, piston pumps driven by a hydraulic wheel began to be used, they were replaced by piston pumps driven by a steam engine. This continued until the beginning of the XX century, until they were replaced by centrifugal pumps with electric drive, which allowed to increase the productivity and height of the rise of water to the surface.

The centrifugal pump is the main component of the drainage system, because without it it is impossible to pump out the liquid in the volumes in which it collects in the mines. The centrifugal pump is a dynamic vane pump, the movement of the working fluid in which there is a continuous flow due to the interaction of this flow with the moving rotating blades of the rotor and the fixed blades of the housing. The portable motion of the working fluid is due to the centrifugal force and flows in the radial direction, ie perpendicular to the axis of rotation of the rotor. The pump consists of the following elements: suction pipe, pump housing, discharge pipe, impeller, rear disc, adapter, motor shaft extension, electric motor. Since a very powerful motor must be used to pump a large amount of liquid, drainage systems began to be equipped with centrifugal pumps with an asynchronous motor with a capacity of 1000 [kW / h].

For remote control of mine drainage it is necessary to use very complex systems and many sensors that will process, analyze and transmit information directly to the operator or to other automatic control systems. The implementation of such a complex system and ensuring its operational operation necessarily require a fairly fast data transfer. To do this, inside the road on the way to the drain lay a fiber-optic line. The equipment that is needed to provide such control is

called SCADA, these devices are part of an automated control system. This system is so advanced that it allows you to create control even remotely from anywhere in the world WebSCADA - to operate on a Web server, ie it includes a WebSCADA server and client terminals such as PDAs, PCs or mobile phones with a Web browser. Thus, having a device with Internet access, you can control a system connected to the WebSCADA network remotely from anywhere in the world.

Modern SCADA systems must have a significant set of functions to be competitive in the market for such services. Among all, we can highlight the following main functions:

- Data collection from process equipment and remote equipment control. Maintenance of real-time databases;
- Creating a graphical interface for monitoring and managing the process by the operator. Extraction of information from databases and presentation to the operator in a convenient form for analysis;
- Automation of execution of work processes of decision-making by the operator;
- Calculation of secondary indicators of production efficiency, statistics of the process, equipment operation, etc.
- Performing some control functions (blocking, non-critical regulation, etc.);
- Automatic generation of alarms and messages;
- Preparation of reports, summaries, reports and other operational documentation;
- Archiving of history, alarms and actions of the operator;
- Differentiation of access rights by user categories. Ensuring security and control over the actions of the operator;
- Reservation of the most important components of the system (servers, networks, clients);

- Horizontal data exchange with adjacent ASC TP systems and data transfer to the upper management levels.

Various sensors take a large part in the control of the drainage drive. In our case, these are ultrasonic flowmeters. They are divided into phase time-pulse and frequency, and have one, two or more acoustic channels. The number of channels affects the accuracy of measurements. It is important to consider the velocity profile when creating ultrasonic flowmeters. More accurate measurements can be achieved using chord sounding schemes. Chords can be located both in one plane and in space.

- Phase hydrocarbons work on the dependence of the phase shifts of ultrasonic oscillations that occur on the receivers, the difference in the time of the same distance by these oscillations downstream or against it;
- Frequency hydrocarbons are created due to the idea to measure the dependence of oscillation frequencies on the difference in time spent during the passage of these pulses of the same distance in the liquid, or the difference in the frequency of repetition of short pulses;
- Time-pulse flowmeters are based on measurements of the difference in time for which short pulses move for and against the flow of liquid;
- The essence of ultrasonic flowmeters with oscillations that are perpendicular to the motion of the liquid is ultrasonic oscillations, which, unlike other types of ultrasonic flowmeters, pass through the liquid perpendicularly, in which case the analysis is based on the deviation of these oscillations from the perpendicular axis;
- Doppler flowmeters work due to measurements that depend on the flow rate of the Doppler frequency difference. It occurs during the reflection of acoustic oscillations and also depends on the speed of their propagation;

- The main difference between low-frequency flowmeters is the frequency at which they operate. Compared to others, low-frequency flowmeters operate at audio frequencies.

Each flowmeter has piezoelectric elements in its design. The principle of their action is based on the piezoelectric effect, discovered by the brothers Pierre and Jacques Curie in 1880, and is that in some crystals (quartz, tourmaline, ferric salt, etc.) under the action of applied mechanical forces on them electric charges are formed on the faces. Depending on the type of crystal, charges can also occur during shear, bending and twisting. In addition to the above-described "direct" effect, there is the opposite effect, which was theoretically predicted in 1881 by Lipman and experimentally confirmed in the works of Curie. If an electrical voltage is applied to the piezoelectric plates, it will begin to deform: elongate, bend, twist, and so on. The idea to use such crystals in the design of electroacoustic transducers appeared a long time ago and was implemented in the period 1920-1940 in pickups, microphones, accelerometers, ultraacoustic transducers, etc.

The main methods of regulating the operation of the drainage system are adjusting the main valve at the pump outlet and changing the speed of the shaft. Adjustment of the main latch, which is installed at the beginning of the pressure line can be implemented both automatically and with the help of the operator. Change the number of revolutions of the motor shaft using specialized devices, such as using terrestrial frequency converters. By changing the voltage frequency, you can control the speed of the motor shaft. Speed control allows you to maintain the pump characteristics, namely power, pressure, and feed change, which are proportional to the first, second and third gear changes.

Given all the disadvantages and advantages of ultrasonic flowmeters, it is better to use piezoceramic emitters, because they allow you to get a sound file, in the processing and analysis of which, you can work with the spectrogram. The spectrogram is an important dimension that provides an intuitive display of the dependence of the frequency and amplitude of the signal on time. Measurements can also be performed in real time. In this case, the spectrograms will be displayed

on the screen on a constant basis over a period of time. In this case, all the data will remain in the memory of the spectrum analyzer and can be transferred directly to a computer, the analysis of which can be performed later.

Video surveillance systems are installed to ensure control of the situation in important and critical places. This place is a drainage system, because there are many factors that can affect its operation. High detail of the picture of modern video surveillance cameras allows to control with high accuracy all the processes that take place during the drainage procedure. With their help, you can control a large number of small things, which in the future, helps to respond quickly to possible malfunctions and make useful adjustments and even optimize the work.