

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Удосконалення системи управління вертикальним валковим  
млином за параметрами вібрації двигуна головного приводу»

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи КАМ-61  
спеціальності 151 «Автоматизація

та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Баляс Ю.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Трембач Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Козбур В.Р.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Стухляк П.Д.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Баляс Юрій Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення системи управління вертикальним валковим  
млином за параметрами вібрації двигуна головного приводу»

Керівник роботи к.т.н., доцент Трембач Р.Б.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» жовтня 2021 року № 4/7-822

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Технічні характеристики млина

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1) аналітична частина; 2) науково – дослідна частина; 3) технологічна частина;  
4) конструкторська частина; 5) спеціальна частина; 6) охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Презентація кваліфікаційної роботи 12 аркушів формату А4

## АНОТАЦІЯ

Мета даної кваліфікаційної роботи полягає у вдосконаленні системи управління вертикальним валковим млином “PFEIFER”. Вдосконалення системи базується на покращенні діагностики млина по параметрам вібрації. Вдосконалена система дає змогу більше детально досліджувати вібрації млина і визначення його технічного стану. Таким чином, з точнішими даними можна збільшити тривалість служби деталей млина.

Розроблено структурну схему, проведено підбір елементної бази та показано результат обробки даних.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Конструкція і принцип роботи млина	7
1.1.1 Типи млинів	7
1.1.2 Подача гарячих газів у млин	11
1.2 Принцип дії вертикального валкового млина PFEIFER – MPS 180BK	12
1.3 Призначення і принцип роботи привідного двигуна	18
1.4 Постановка задачі	20
2 НАУКОВО – ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	21
2.1 Причини і фактори, що призводять до відмов млина	21
2.2 Різні аспекти діагностування механізмів	23
2.3 Природа виникнення й параметри вібраційних процесів	29
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	32
3.1 Загальні відомості про вібродіагностику	32
3.2 Вібродіагностичні методи оцінки технічного стану машин	33
3.3 Організація збору даних про вібропараметри млина	38
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	43
4.1 Обґрунтування удосконалення системи за допомогою експериментальних даних	43
4.2 Обробка і аналіз експериментальних даних по вібрації	47
4.3 Вдосконалення системи віброконтролю млина	53
4.4 Вибір модуля управління	55
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	60
5.1 Опис програмного забезпечення системи збору даних	60
6 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ	46

6.1 Охорона праці	69
6.1.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища	69
6.1.2 Забезпечення нормальних умов праці	72
6.1.3 Розрахунок вентиляції в цеху для помолу вугілля	74
6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	76
6.2.1 Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів	76
6.2.2 Використання імітаторів ЕМІ для набору експериментальних даних	77
6.2.3 Можливі шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ	79
ВИСНОВКИ	82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	83

## ВСТУП

У останні роки все виразніше виявляються основні відмінності між системами управління і контролю складного енергетичного обладнання. Системи контролю, що є прообразом і складовою частиною сучасних систем моніторингу, використовують, як правило, найпростіші способи вимірювання основних фізичних величин. Саме тому для систем контролю широко використовуються нові інформаційні технології, часто засновані на більш складних методах вимірювання.

Так, контроль дає інформацію про величини параметрів і зони їх допустимого відхилення. При моніторингу з'являється додаткова інформація про тенденції зміни параметрів у часі, яка може використовуватися і для прогнозування. Потенційні можливості систем керування визначаються вибором інформаційної технології.

Складовою частиною інформаційної технології на базі будь-якого з методів обробки сигналів є відповідні засоби вимірювання, аналізу і передачі інформації.

Отже, об'єктами керування можуть бути всі види машин, які в процесі експлуатації в промисловості.

Одним з таких об'єктів є система управління вертикального валкового млина „PFEIFER”.

У роботі розглядається система управління валкового млина, конструкція якого немає подібних аналогів у інших галузях промисловості, та вдосконалюється система контролю вібрації.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Конструкція і принцип роботи млина

### 1.1.1 Типи млинів

Валкові млини використовуються в цементній індустрії для подрібнення цементної сировини, вугілля, цементного клінкеру, гранульованого доменного шлаку. Ці сипучі матеріали значно відрізняються по подрібненню та абразивності. Потужності ліній по виробництву цементу коливаються в широкому діапазоні в залежності від попиту. Ці дані враховуються при розрахунку конструкції та типу-розмірів млина. В зв'язку з цим у фірми „Pfeifer” є різноманітні модифікації та конструкції млинів, які коротко описані нижче. Млин подрібнення сировини для виробництва клінкеру представлений на рисунку 1.1.

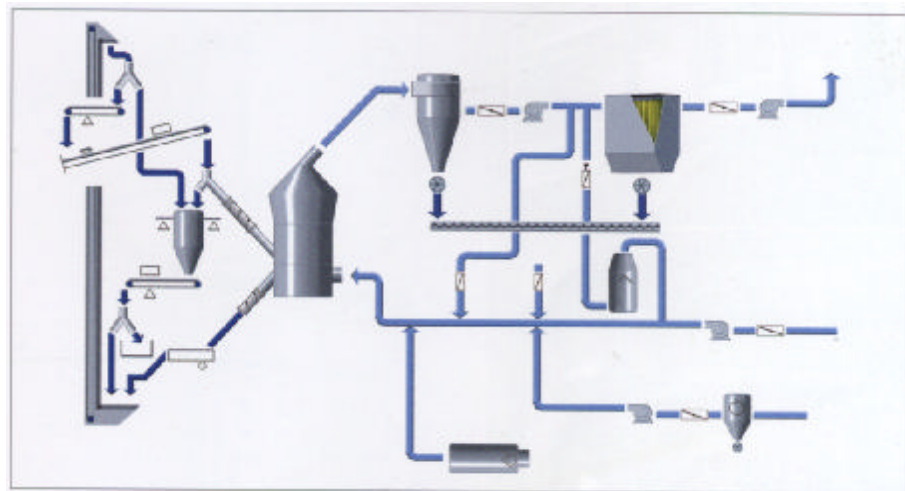


Рисунок 1.1 – Млин для подрібнення сировини

Продуктивність такого млина складає від 50 до 900 т/год. Тонкість помолу – 60-100 мікрон. Залишкова вологість менша 0,5%. Перемелювання з паралельним сушінням сировини вологістю більше 20% відбувається в одному агрегаті. Величина частинок сировини при завантаженні складає до 200 мм,

завдяки чому відпадає необхідність в попередньому подрібненні. Залежність залишку сировини в млині від величини частинок приведена на рисунку 1.2 [1].

Млин подрібнення клінкеру меншої продуктивності (від 10 до 250 т/год) представлений на рисунку 1.3. Тонкість помолу складає – 2000-6000  $\text{см}^2/\text{г}$ . При цьому, можливий варіант спільного або роздільного подрібнення основних компонентів цементу. Конструктивно є можливість виробництва різних сортів цементу в одному розмелюючому агрегаті. Залежність залишку клінкеру в млині від величини частинок приведена на рисунку 1.4 [1].



Рисунок 1.2 – Графік залежності залишку сировини від товщини помолу

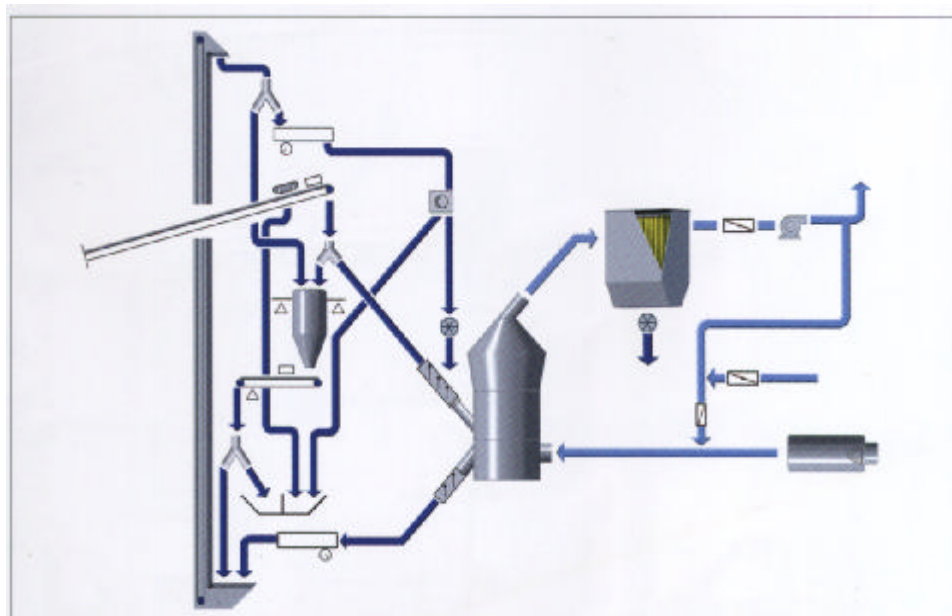


Рисунок 1.3 – Млин для подрібнення клінкеру



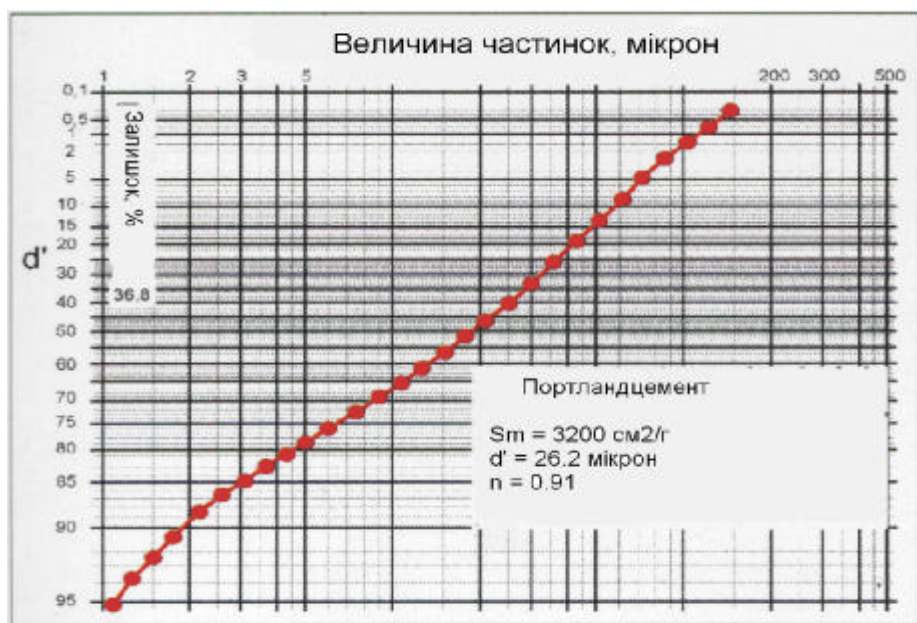


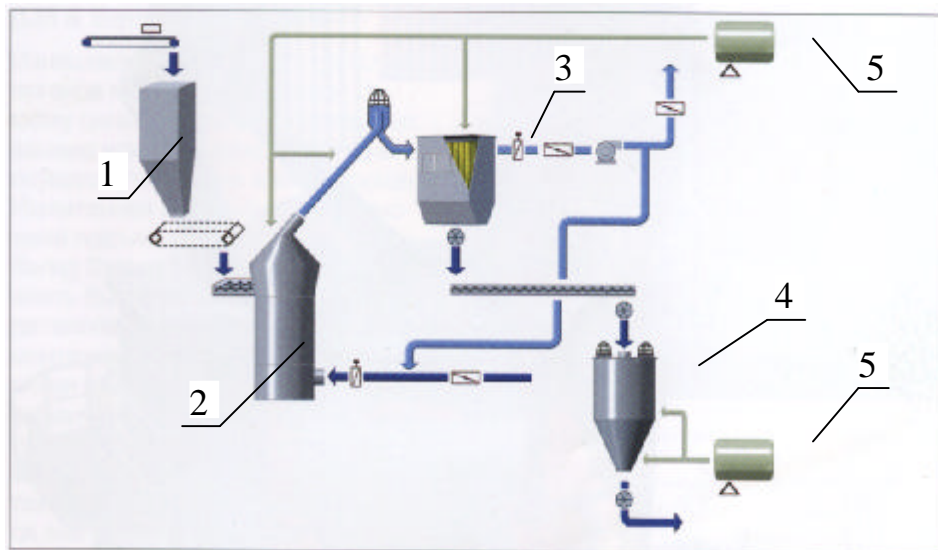
Рисунок 1.4 – Графік залежності залишку клінкеру від товщини помолу

Млин ще меншої продуктивності (від 5 до 150 т/год), який використовується для подрібнення вугілля, представлений на рисунку 1.5. Тонкість помолу – 60-100 мікрон. Залишкова вологість менша 1,0%. Величина частинок вугілля при загрузці складає до 100 мм, завдяки чому відпадає необхідність в попередньому подрібненні.

Такий млин, здатний перемелювати кам'яне вугілля, буре вугілля чи нафтовий кокс. Залежність залишку сировини в млині від величини частинок приведена на рисунку 1.6 [1]. Саме такий млин знаходиться в експлуатації на ВАТ „Івано-Франківськцемент”.

Розглянемо узагальнений принцип роботи млина, виходячи з наведеної його структурної схеми (рисунку 1.5). Кускове вугілля з бункеру зберігання (1) за допомогою транспортерних ліній та двохвального шнека подається в млин (2). В млині вугілля перемелюється за допомогою валків. В млин подаються гарячі гази для сушіння перемеленого вугілля, а за рахунок створення розрідження, цими газами, перемелене вугілля витягується з млина. Далі, ця пилеповітряна суміш по трубопроводах подається в фільтр (3), де відділяється перемелене вугілля від газів. Вже відфільтроване вугілля поступає в бункер для зберігання перемеленого вугілля (4), а відфільтровані гази частково викидаються в атмосферу, а частково назад в млин. Пристрій подачі повітря (5)

призначений для розпушування перемеленого вугілля, обдуву підшипників валків та очищення рукавного фільтра.



1 – бункер кускового вугілля; 2 – млин MPS; 3 – фільтр; 4 – бункер зберігання меленого вугілля; 5 – пристрій подачі повітря

Рисунок 1.5 – Млин для подрібнення вугілля

Діаметр сирого вугілля, що надходить в бункер складає до 100 мм завдяки тому, що він оснащений стаціонарною сіткою, зверху на засипці. Згідно з вище наведеним технологічний процес помолу і сушіння починається з відбору сирого вугілля з бункеру.

Бункер сирого вугілля має циліндричну форму з крутим завантажувальним конусом під кутом  $70^{\circ}\text{C}$ . Матеріал, що подається в бункер має фракцію 0-50 мм та вологість 8% [2].

Процес дозування сирого вугілля в млин здійснюється по об'єму за допомогою пропелерного вивантажувача і скребкового транспортера. Регулювання об'єму дозування реалізується шляхом регулювання швидкості обертання пропелера і транспортної лінії ланцюгового скребкового живильника, що залежить від обертів електродвигунів, оснащених частотними перетворювачами.

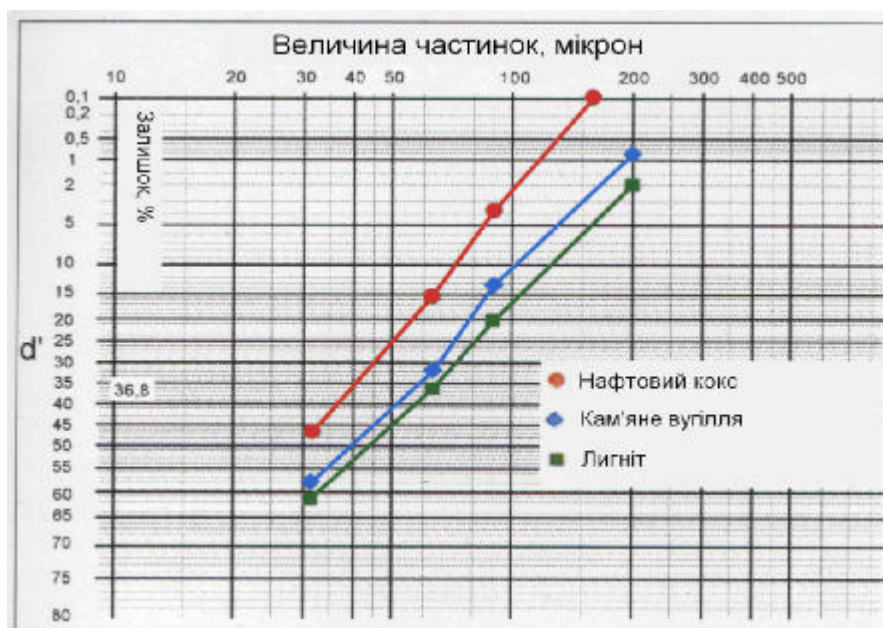


Рисунок 1.6 – Графік залежності залишку вугілля від товщини помолу

Для вирішення надзвичайних ситуацій у бункері скребковий транспортер оснащений нижнім аварійним розвантажувальним отвором. За допомогою мобільного конвеєра, що встановлюється під скребковий транспортер, бункер можна спорожнити безпосередньо на вантажні автомашини, минаючи млин.

Останнім агрегатом системи дозування є подвійний шнековий дозатор, що входить у комплект поставки млина. Другий торець даного дозатора, у який сире вугілля подається ящиковим живильником, знаходиться в корпусі млина, що дозволяє забезпечити надійне завантаження вугілля в млин.

### 1.1.2 Подача гарячих газів у млин

Джерелом сушильних газів є камера спалювання на базі природного газу. Сушильні гази надходять у млин по повітропроводу, що з'єднує камеру спалювання з вхідною горловиною млина. У складі повітропроводу передбачені компенсатор і швидкодіюча заслінка, повітропровід термоізований.

В експлуатаційних цілях та з метою забезпечення безпеки праці, за камерою спалювання передбачений допоміжний димар. При непрацюючому устаткуванні ділянки розмелювання, траса з камери спалювання в лінії

розмелювання завжди перекрита і відкритий допоміжний димар. У випадку раптової аварійної зупинки ділянки помолу в результаті вибуху в лінії розмелювання, чи в результаті відключення електроенергії в мережі, допоміжний димар автоматично відкривається, а траса гарячих газів у лінії розмелювання перекривається шиберним затвором [2].

У такий спосіб запобігається проникнення акумульованого тепла з камери спалювання в лінію розмелювання, і зв'язані з цим надмірне нагрівання поверхні агрегатів, на яких би могло відбутися самозаймання осілого вугільного пилу.

## 1.2 Принцип дії вертикального валкового млина PFEIFER – MPS 180BK

Фірма „Pfeifer” має тривалу історію свого розвитку. Їй вона зобов'язана своїми високоякісними виробами, орієнтованими на клієнта та міжнародне признание. Вертикальний валковий млин PFEIFER – MPS 180BK складається з: вбудованого подвійного шнекового дозатора сирого вугілля, динамічного сепаратора з приводом, допоміжних агрегатів млина - станції змащення та ін.

У млині під впливом тиску і тертя, паливо подрібнюється, сортується за допомогою сепаратора до необхідної фракції і паралельно висушується під впливом гарячих газів до необхідної вологості.

Вертикальні валки використовуються для помолу ряду матеріалів. Однак більшість з поставлених млинів використовується для розмелювання твердого палива, де вони зарекомендували себе дуже добре, особливо на електростанціях.

Три стаціонарних помольних валки, що котяться по помольному столі, які повільно обертається, є основним елементом вертикальних валкових млинів MPS. Матеріал попадає між валками та доріжкою і перемелюється під дією тиску і тертя. Сила тиску, необхідна для подрібнення матеріалу, створюється гідропневматичною системою натягу [2].

Матеріал перемелюється і подається до стаціонарного кільцевого сопла шляхом обертання помольної чаші. Гарячі гази, проходячи через кільцеве сопло, змішуються з матеріалом і переносять його нагору в сепаратор. У зоні сепарації обертове сепараційне колесо розділяє помелений і висушений матеріал на дрібнозернистий кінцевий продукт і крихту. Крихта подається назад у центр зони розмелювання. Кінцевий продукт виноситься із сепаратора разом з газовим потоком і відокремлюється у фільтрі (рисунок 1.7).

Разом з рамою, що передає навантаження, і натяжним пристроєм три помольних валки вертикального валкового млина MPS утворюють статично визначену систему, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження на осьовий сегментний, опорний підшипник у коробці передач млина.

Млини MPS мають модульну конструкцію, тобто млини однакового типу можуть бути обладнані різними розмелюючими валками, кільцевими, соплами, сепараторами і т.д. Це дає можливість вибору оптимального варіанта млина, що відповідає індивідуальним вимогам.

Вони характеризуються рівномірною роботою, що визначається малою швидкістю помольного барабана. Для вугільних млинів допустимим вважається рівень вібрації менше 2 мм/с. З'єднання трьох розмелювальних валків за допомогою однієї станини, що передає зусилля, забезпечує рівномірний розподіл навантаження на валки. Оскільки кожен валок має горизонтальну і вертикальну рухливість, його рухи не передаються іншим розмелюючим валкам.

Млини MPS формують високоякісний помольний шар. Мала швидкість помольного барабана разом з великим діаметром перемелюючих валків забезпечує хороший забір матеріалу і нечутливість до великих грудок і сторонніх тіл.

Гідропневматична система натягу з'єднана з перемелюючими валками короткими важелями і має широкий діапазон регулювання. Тому, у млинах MPS відпадає необхідність у довгих важелях і важкій вібробалансуючій системі. Розмелюючі валки знаходяться в середині цілком закритого корпуса



млина. Для млинів MPS не потрібно робити великих отворів у корпусі, які призводять до таких проблем, як знос прокладок і підсмоктування зовнішнього повітря [2].



Рисунок 1.7 — Вертикальний валковий млин PFEIFER – MPS 180BK

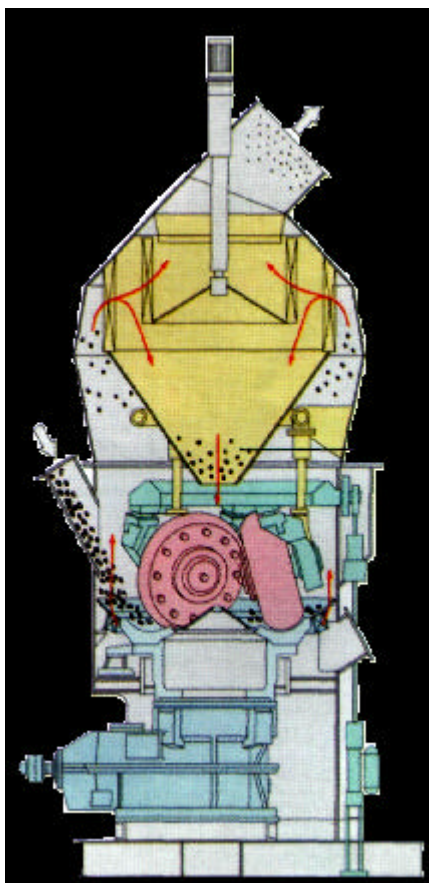


Рисунок 1.8 – Напрямок руху матеріалу в млині

Деталі млинів MPS, які підлягають зношуванню, мають симетричну конструкцію, і тому їх можна перевертати.

Млини серії MPS обладнані надійними і перевіреними в роботі високоефективними динамічними сепараторами. Їх можна спроектувати вибухозахищеними, здатними витримувати скачки тиску до 8 бар. Оскільки в корпусі немає великих отворів і прокладок, таку вибухозахищену конструкцію створити нескладно, що дає можливість використовувати вертикальні валкові млини MPS у всіх варіантах технологій без усякого ризику.

По повітропроводу вугільний порошок у потоці екстрапару надходить із сепаратора млина в рукавний фільтр. Повітропровід розрахований на ударну хвилю вибуху. Вибухова труба призначена для відводу у випадку вибуху в млині ударної хвилі і смуги вогню в атмосферу над рівнем даху виробничого приміщення.

У фільтрі мелений вугільний порошок відокремлюється від транспортного екстрапару. Очищення рукавів здійснюється за допомогою імпульсної подачі стиснутого повітря.

На основі пристосованих у нижній області корпусу вхідних отворів та очищення ударної пластини безпосередньо за вхідними отворами відбувається рівномірний розподіл неочищеного газу через повну поверхню фільтру. Вже під час попадання неочищеного газу на відбивну пластину відокремлюється перший пил. На рукавах фільтру відбувається кінцеве відокремлення неочищеного газу, чистого газу та пилу.

У фазі фільтрування пил, що спадає на поверхню рукавів фільтру, втримується, в той час очищений газ через рукавну тканину проникає всередину фільтру.

Спад тиску, що виникає при проникненні газу через рукавну тканину, утворює силу, спрямовану до середини фільтра. Тому, рукав фільтра під час фази фільтрування втягується у формі зірки всередину навколо опорної корзини.

Під час фази очищення кожен ряд рукавів фільтра через трубу сопла очищається незалежно від решти у встановлені часові проміжки за допомогою стиснутого повітря та очищеного газу.

Пил, що видаляється під час фази очищення у ємність збирання пилу, вкінці поступово виводиться за допомогою транспортних та розвантажувальних пристроїв.

З бічної сторони фільтру передбачені вибухові клапани на випадок вибуху вугільного пилу у фільтрі. Супроводжуюча вибух ударна хвиля і смуга вогню відводяться спеціальним каналом - рефлектором через бічну стінку виробничого корпусу у відкритий простір.

Розмір каналу збирання очищеного газу, змонтованого разом з отвором до корпусу чистого газу, встановлюється за об'ємною витратою.

Корпус неочищеного газу та бункер для збирання пилу утворюють разом область неочищеного газу. Всередині корпусу неочищеного газу немає



жодних проміжних стінок (рівномірний розподіл неочищеного газу). Необхідне жорстке кріплення досягається за допомогою внутрішніх патрубків корпусу, прикріплених гвинтами на краях секцій [2].

Подача неочищеного газу відбувається через патрубок неочищеного газу. Ударна пластина, розміщена за патрубком неочищеного газу простягається на довжину корпусу неочищеного газу й впирається на патрубки труб та циліндричні стінки.

Бункер для збирання пилу не має проміжних стінок. Його жорсткість досягається за рахунок патрубків труби, що прикріплені гвинтами на краях секцій. Під бункером для збирання пилу знаходяться пристрій транспортування (шнек зі шнековим жолобом та шнековим валом і підшипником) та пристрій виносу (комірковий шлюз, маятниковий шлюз) для пилу, що викидається.

Об'ємний потік стиснутого повітря, що подається для очищення, залежить від кількості та довжини рукавів фільтру, що застосовуються.

Гарантований пилеміст за фільтром складає максимум  $20 \text{ мг/м}^3$ . Корпус фільтру розрахований на стійкість до ударної хвилі  $1,4 \text{ кгс/см}^2$ . По всій довжині фільтру є шнековий транспортер, до якого під'єднаний турнікетний живильник повітряного відділення фільтру. До турнікета примикає система пневматичного транспорту, по якій вугільний порошок надходить у бункер меленого вугілля.

У складі системи пневматичного транспорту є повітронагнітач, за ним передбачений охолоджувач (радіатор) повітря, шнековий насос з нагромаджувачем і транспортний трубопровід. На нагромаджувачі встановлений малий рукавний фільтр.

По даному повітропроводі очищений екстрапар відділяється від фільтра вентилятором млина, для чого встановлена швидкодіюча засувка, що відповідно до заданої програми перекидає визначену частину лінії розмелювання, відокремлюючи її від атмосфери.

Вентилятор забезпечує функціонування лінії розмелювання. Для регулювання потужності передбачена система осьового регулювання на фланці всмоктування вентилятора. По обидва боки на з'єднаннях до повітропроводу

передбачені компенсатори. Вентилятор має гнучку посадку, оснащений термометрами для вимірювання температури в підшипниках.

Під клапаном у напрямку вентилятора млина до вихідного повітропроводу під кутом підведене відгалуження, по якому сушильні гази надходять у млин. До даного повітропроводу під'єднання лінія гарячих газів з камери спалювання, що подає гази з температурою 600°C.

Температура сушильних газів, що надходять у млин, складає близько 180 -190 °С, у залежності від вологості сирого вугілля.

Сушильні гази даної температури – це суміш газів з камери згорання з температурою 600°C і екстрапари, що надходить з вихідного повітропроводу за фільтром з температурою 90°C.

### 1.3 Призначення і принцип роботи привідного двигуна

Приводом даного млина є асинхронний електродвигун. Не дивлячись на його відносну простоту, він вимагає догляду та обслуговування і призначений для приведення в рух вугільного млина.

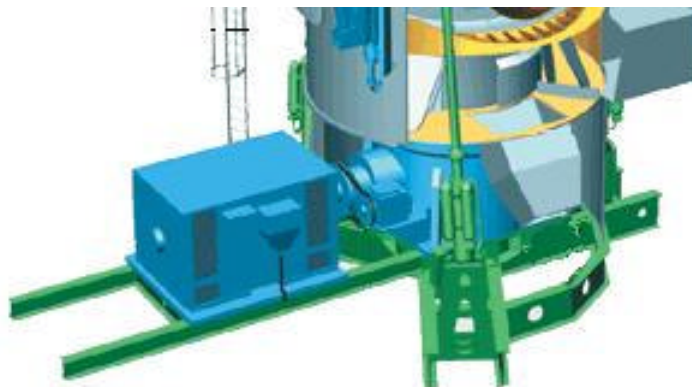


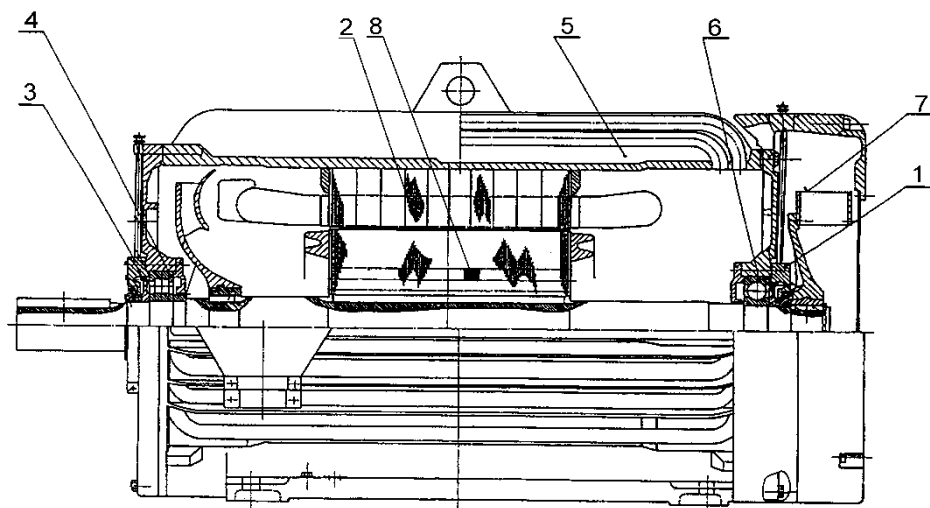
Рисунок 1.9 – Місце знаходження привідного двигуна у схемі млина

Розміщення привідного двигуна у схемі вугільного валкового тарілочатого млина „Pfeifer” показано на рисунку 1.9.

Двигун встановлений на міцній основі, яка не є джерелом вібрації. Для нього знайдено таке місце, щоб він не міг втягувати повітря, нагріте від іншої машини. При неперервній експлуатації має бути забезпечений постійний обмін повітря охолодження в об'ємі  $0,55 \text{ м}^3/\text{с}$  на кожні 100 кВт потужності.

Для механічного з'єднання двигуна з механізмом використана жорстка муфта. Муфта динамічно зрівноважена передає крутний момент симетрично, без виникнення зовнішніх сил, що діють на двигун.

Двигун 1BN5 – трьохфазний асинхронний короткозамкнутий двигун високої напруги. Він оснащений 5 датчиками температури: 2 датчі на передньому та задньому підшипниках, 3 – на кожну з обмоток електродвигуна. Основні вузли електродвигуна та їх розміщення показані на рисунку 1.10 [2].



1 – датчик температури підшипника заднього; 2 – обмотка двигуна; 3 – датчик температури підшипника переднього; 4 – підшипник передній; 5 – корпус двигуна; 6 – підшипник задній; 7 – зовнішній вентилятор; 8 – датчик температури обмотки двигуна

Рисунок 1.10 – Основні вузли двигуна

#### 1.4 Постановка задачі

Проведений аналіз конструкції вертикального валкового млина MPS і принципу його роботи показав, що він відноситься до складних функціонально насичених динамічних систем, які не мають подібних аналогів у інших галузях промисловості. Хоча експлуатація млина проводиться з використанням сучасної системи управління його роботою, що дозволяє контролювати, сигналізувати та реєструвати важливі технологічні параметри. Одним з важливих елементів діагностування і управління млина є система віброконтролю. Однак вона не зовсім точно може відобразити реальний технічний стан млина. Останнє призводить до того, що не можна точно і вчасно виявити дефекти і причини відмов в роботі млина. Таким чином, вдосконалення системи віброконтролю валкового млина MPS є актуальною задачею, яка вимагає вирішення.

Враховуючи, що сьогодні найбільшого розповсюдження знайшли методи вібродіагностики і параметричної діагностики у роботі вдосконалити систему віброконтролю вертикального валкового млина. Проаналізувати параметри і показники процесу помолу вугілля з точки зору виявлення найбільш інформативних, які можна прийняти за діагностичні ознаки.

На основі існуючої системи контролю вібрації зпроектувати більш досконалу систему для кращого діагностування і запобігання поломок. Що в свою чергу збільшить термін роботи млина.

Для вдосконалення системи контролю технічного стану млина необхідно розглянути модель самого млина, виявити інформаційні показники процесу помолу вугілля, дослідити їх статичні характеристики та встановити певний взаємозв'язок між параметрами процесу виробництва.

Задача полягає у вдосконаленні структурної схеми діагностування та прив'язки розробленої системи до існуючої системи управління.

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1 Причини і фактори, що призводять до відмов млина

Основними факторами, що призводять до відмов млина є: зношення броньованих плит на тарілчастому столі млина; зношення броні на валках; попадання сировини в підшипники валків; відмова чи забивання двохвального шнека; відмова сепаратора чи його двигуна; поломка чи відмова гідросистеми, масляної станції, повітряної системи, системи розрідження повітря.

Основним фактором, що призводить до відмови двигуна є нагрівання. При невеликому перегріванні потрібно перевірити чи правильно відрегульована муфта. Якщо дефект знаходиться в підшипнику, або причина в поганому змащувальному маслі, то їх необхідно замінити.

Якщо вібрація чи шум двигуна під час роботи перевищує допустимі значення чи значно змінюються при різних обертах і навантаженнях двигуна, необхідно встановити причину і усунути відмови.

Перелік відмов та їх причини, що найчастіше зустрічаються на практиці наведені нижче.

Відмови та збої при запуску:

а) двигун не запускається:

- на вході немає напруги;

- виключений захисний автомат, розплавлені запобіжники чи несправний вимикач;

- від'єднані чи обірвані дроти обмотки двигуна;

- від'єднані клеми;

- перебитий електропровід;

б) двигун не запускається або легко гудить:

- низька напруга;

в) двигун не запускається або сильно гудить:

- розплавлений один запобіжник;
  - ввід однієї з фаз перебитий;
  - від'єднана з'єднувальна клема;
  - дефект в обмотці двигуна;
- г) двигун не запускається на нормальні оберти:
- значний протидіючий момент;
  - значне пониження напруги живлення.

Відмови та збої під час роботи:

а) розплавляються запобіжники чи виключається захисний автомат:

- двигун перевантажений;
- великі втрати напруги в мережі;

б) обмотка двигуна перегрівається:

- двигун перевантажений (занадто високий струм в обмотці);
- перебіта одна з фаз при запуску;
- недостатній обмін охолоджуючого повітря навколо двигуна;
- дефект в обмотці;

в) двигун під час роботи вібрує:

- недостатньо хороша основа, на якій він розташований;
- двигун встановлений неправильно;
- не співпадають осі двигуна з млином;
- причиною вібрації є млин;
- неточно збалансована муфта чи ротор двигуна;

г) у двигуна з контактними кільцями велике іскріння щіток:

- мале зусилля на щітки внаслідок блокування щітки;
- погано прилягаючі щітки.

## 2.2 Різні аспекти діагностування механізмів

В даний час існує достатньо велика кількість методів діагностики і прогнозування стану вузлів і машин, не говорячи вже про кількість видів контролю і діагностичних параметрів. Але можливість і глибина прогнозу виявляються різною при вирішенні діагностичних задач для різних груп устаткування, а, отже, і технічні засоби, що використовуються, для різних типів машин істотно розрізняються.

Методи параметричної діагностики базуються на встановленні залежності параметрів, які обумовлюють робочий процес конкретного обладнання з його технічним станом. Параметрами можуть бути: тиск, температура, споживана потужність, крутний момент, витрата.

Технологія діагностування передбачає взаємодію об'єкта діагностування з технічними засобами діагностування і оператором. Ефективність цієї взаємодії лише тоді є високою, коли об'єкт діагностування володіє достатньою контролепридатністю, тобто його конструкція пристосована для проведення діагностики, побудована діагностична модель об'єкта, яка встановлює зв'язок між класами технічного стану і діагностичними ознаками, технологія діагностування яка відповідає вимогам максимальної економії ресурсів, а результати діагностування відповідають вимогам заданої глибини пошуку дефекту, високій достовірності діагностування чи прогнозування відмов і сприяють розробці міроприємств по вдосконаленню об'єкта, оптимізації процесу технічного обслуговування, виявлення експлуатаційних пошкоджень на ранній стадії і запобіганню аварійним ситуаціям, повного використання ресурсу [3].

Млин, як і будь-яка інша механічна система складається з ряду елементів, які з'єднані по певному закону, тому відмова будь-якого з елементів може викликати порушення роботи всієї системи. Наявність складних функціональних і акустичних зв'язків між елементами млина, велика кількість структурних і регулюємих параметрів, високий рівень віброактивності, яка

закладена ще на етапі проектування і визначають технологію виготовлення і складання вузлів, організацію процесу експлуатації, zatrudняють формалізацію процедури діагностування. Відносно переміщення великої кількості взаємодіючих елементів конструкцій сучасних машинних агрегатів викликає в них коливні процеси, характеристики яких змінюються при появі дефектів.

Проблема розробки і створення системи діагностування, призначеної для контролю технічного стану об'єкта в певних умовах із заданою глибиною діагнозу при наявності наперед визначених обмежень на вартість розробки і створення технічних пристроїв, ефективність алгоритмів діагностування, час постановки діагнозу, достовірність діагностування включає в себе пошук відповідей на ряд питань, пов'язаних з розробкою діагностичного забезпечення об'єкта діагностування.

Побудова оптимальної системи діагностування складного механічного обладнання перш за все базується на рішенні групи задач, пов'язаних з організацією потоку діагностичної інформації який показаний на структурній схемі (рисунок 2.1) з ціллю виявлення списку дефектів, які лімітують якість або ресурс об'єкта діагностування, описання об'єкта мінімальною сукупністю параметрів технічного стану  $\bar{R} = \{r_1, r_2 \dots r_m\}$ ; розбиттям всіх можливих станів об'єкта на деяке скінченне число класів станів  $W_i, i=1..M$ , які підлягають розпізнаванню, пошуку найбільш чутливих до виявлення дефектів діагностичних ознак  $\bar{U} = \{u_1, u_2 \dots u_n\}$ , визначення допустимої області працездатних станів в однаковому просторі; прийняття рішень про приналежність випробуваного стану до того чи іншого класу станів, оцінка ефективності діагностування; формування у відповідності з прийнятим рішенням керуючих дій.



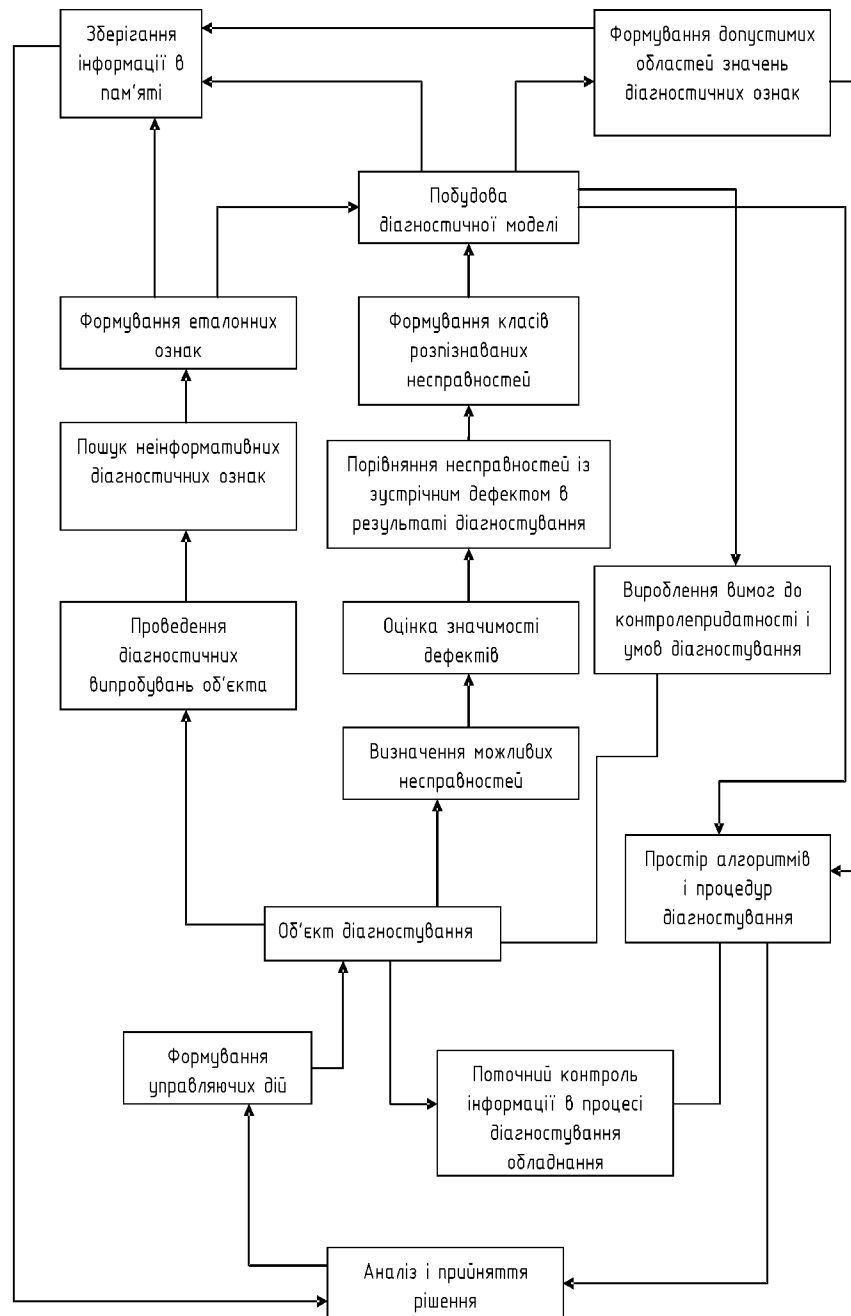


Рисунок 2.1 – Схема реалізації потоку діагностичної інформації

Оптимальне вирішення задач діагностики складних механічних об'єктів може бути отримане в результаті аналізу багатьох станів об'єкту на основі теоретичних, експериментальних і модельних досліджень.

Наявність складних функціональних залежностей між елементами механічної системи, велике число структурних параметрів затрудняють формалізацію описання поведінки систем.

В книжках по технічній діагностиці запропоновані прийоми, які полегшують процес діагностики складних систем. Зводяться вони до таких операцій: складний об'єкт тим чи іншим способом можна розділити на більш прості підсистеми і елементи, які зв'язані між собою ієрархічною структурою. Діагностування таких підсистем можливо незалежно одна від одної, якщо не враховувати деякі зв'язки, для чого використовуються методи діагностики, які орієнтовані на використанні незалежних діагностичних ознак несправностей елементів системи.

Системи незалежних діагностичних ознак вдається сформувані на основі спеціальних методів, шляхом вивчення параметрів роботи всієї конструкції.

Стан окремих елементів виявляється деякою послідовністю перевірок, причому в першу чергу об'єктами діагностування являються ті елементи і вузли, відмова яких найбільш можлива. Критичність («слабкість») елементів оцінюють коефіцієнтом повторення відмов, їх середньою частотою, процентним відношенням числа відмов даного елемента до загального числа відмов, а також вартісними і трудовими затратами на усунення пропущених відмов чи наслідків хибної тривоги і проведення діагностування [4].

Фізична чи діагностична інтерпретація зв'язку простору стану об'єкта з простором діагностичних ознак встановлюються за допомогою діагностичної моделі об'єкта. Призначенням діагностичної моделі являється побудова і аналіз алгоритмів діагностування формалізованими методами.

Діагностична модель відповідає своєму призначенню в тому випадку, якщо вона дозволяє:

- сформувані умови розбиття множини  $W$  можливих станів в крайньому разі на дві підмножини працездатних  $W'$  і непрацездатних  $W''$  станів;
- отримати критерій для оцінки степені роботоздатності об'єкту діагностування;

- сформулювати умови розбиття множини  $W_I, I = 1, k$ , у відповідності з потрібною глибиною діагностування несправностей, які ще не привели до втрати працездатності;
- встановити ознаки втрати працездатності і ознаки несправностей;
- встановити відповідність між простором станів  $W$  і простором діагностичних ознак  $D$ .

Згідно з технічною документацією спостережувальний об'єкт може знаходитися в одному із наступних станів:

- непошкодженому, тобто стані, коли спостережуваний об'єкт відповідає всім вимогам визначеним нормативно-технічною документацією;
- працездатний – стан, коли об'єкт здатний виконувати задані функції в межах які визначені нормативно-технічною документацією;
- правильність функціонування – стан, коли об'єкт виконує в поточний момент часу написані алгоритми функціонування (відомо тільки, що об'єкт вірно функціонує в заданому режимі роботи в заданий момент часу);
- аварійна ситуація об'єкту, коли його наступне функціонування не можливе в результаті виходу його параметрів за допустимі межі.

Роль діагностики в управлінні процесами пошкодження елементів механічної системи полягає у встановленні границь і умов протікання даних процесів, своєчасному виявленні і прогнозуванні виходу структурних параметрів за допустимі межі.

В загальному рекомендується розрізняти наступні стадії розвитку експлуатаційного дефекту в результаті старіння механізмів:

- поява причини, яка викликає дефект чи відмову;
- інкубаційний період (накопичення пошкоджень, зародження дефекту і початкова стадія розвитку), що викликає слабкі зміни властивостей;
- розвинутий дефект, який ще не викликає інших пошкоджень, але вже добре відслідковується стандартними методами віброакустичної діагностики;

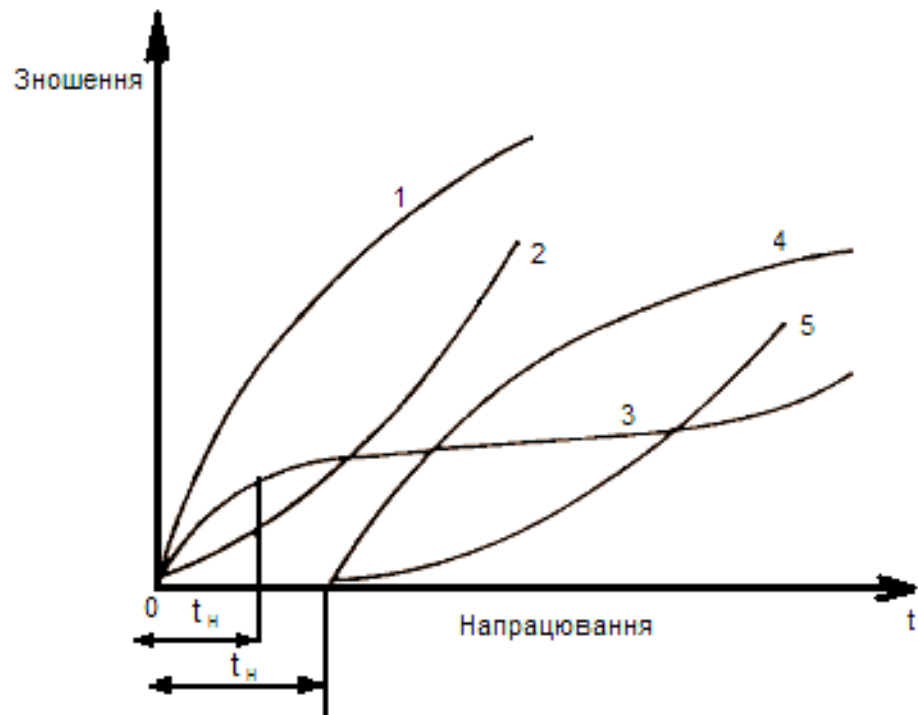
- розвиток дефекту, що викликає наступні пошкодження чи зміни в механізмі (перед аварійний стан);
- миттєве руйнування елементів механізму з невідворотними наслідками (аварія).

Дефекти і відмови класифікуються по наступним аспектам, які необхідно використовувати при розробці методів і засобів діагностування:

- по виду руйнування (втома, знос, повзучість, корозія, термодформація);
- по моментам прояву (в процесі роботи, при оглядах і технічному обслуговуванню, при розбиранню);
- по часовому характеру прояву (раптове, поступове, збої що чергуються з відмовами);
- по причинам виникнення (конструктивні, технологічні, виробничі, експлуатаційні, дефекти матеріалу);
- по степеню небезпеки;
- по наслідкам (відмова, що усувається при експлуатації; не усувна, потребує заміни механізму; відмова, яка веде до аварії);
- по способам усунення (заміна деталі, регулювання, невеликий ремонт, заміна вузла, доопрацювання в заводських умовах).

Графіки характерних процесів зношування вузлів механізму з часом напрацювання показані на рисунку 2.2. Крива, що описує розподіл ресурсів, носить назву кривої Лоренца.

До основних, що викликають відмови і експлуатаційні пошкодження елементів механізмів відносяться наступні фактори: велика статична, циклічна і динамічна навантаженість деталей механізмів. Перша як правило призводить до раптових відмов, пов'язаних з явищами повзучості матеріалу, викривленням геометрії, появою тріщин. Друга і третя призводять до руйнування деталей в результаті втоми (абразивний знос, заклинювання, зношення в результаті втоми (піттинг), молекулярне зношення, корозія, ерозія).



1 – зношення пружного з'єднання; 2 – зношення жорсткого з'єднання; 3 – класична крива Лоренца; 4 – втома або кавітаційне зношення; 5 – корозійне зношення;  $t_n$  – інкубаційний період

Рисунок 2.2 – Графік характерних процесів зношення вузлів механізму в залежності від часу напрацювання  $t$

### 2.3 Природа виникнення й параметри вібраційних процесів

Вібраційний сигнал є фізичним носієм інформації про стан елементів працюючого механізму (насосної установки). Вібрація й шум - природні процеси, що відбуваються у машинах і встаткуванні, і збуджуються вони тими ж динамічними силами, які є причинами зношування й різних видів дефектів і ушкоджень. Вібрація й шум трансформуються одне в одного на межах газового й твердого середовищ, а людина безпосередньо сприймає звук, і лише в обмеженому низькочастотному діапазоні – вібрацію[7].

Найпростішою формою вібрації є гармонійне коливання тіла, що як функція часу являє собою синусоїду.

$$S(t) = A \cdot \sin(\omega t + \varphi)^2, \quad (2.1)$$

де  $A$  - амплітуда коливань;  $\varphi$  - початкова фаза коливань;  $\omega$  - кутова швидкість. При гармонійних коливаннях:  $A, \varphi, \omega = \text{const}$ . При майже гармонійних коливаннях:  $A, \varphi, \omega$  - повільно мінливі функції часу, деякі з них можуть бути постійними, деякі зростаючими або убутними. Наприклад, амплітуда, кутова швидкість при запуску або при зупинці механізму. У реальних умовах ця класична форма вібрації зустрічається рідко. Більша частина коливань, що зустрічаються на практиці, є полігармонійними - це такі коливання, які можуть бути представлені у вигляді суми двох або більше гармонійних коливань (гармонік), частоти гармонік кратні основній частоті. Основними параметрами вібраційних процесів, що представлені у даній роботі, є:

- Частота вібрації  $f = 1/T$  (Гц), - період (час повного циклу коливань), с;  
 $\omega = 2\pi f$  - кутова швидкість.
- Вібропереміщення  $S$  (мм, мкм) - складова переміщення, що описує вібрацію. Вібропереміщення, як діагностичний параметр, становить інтерес у тих випадках, коли необхідно знати відносний зсув елементів об'єкта або деформацію.
- Віброшвидкість  $V$  (мм/с) - похідна вібропереміщення за часом. Віброшвидкість використовують при визначенні технічного стану машин при полігармонійному характері вібрації. Цей параметр звичайно зв'язують із енергією механічних коливань, спрямованої на руйнування деталей.
- Віброприскорення  $a$  (м/с<sup>2</sup>) - похідна віброшвидкості за часом. Віброприскорення використовують при визначенні ступеня ушкодження, наявності дефектів і сили ударів у підшипниках й зубчастих передачах.

Взаємозв'язок коливальних величин при гармонійних процесах:

$$V = 2\pi f S = a \cdot \frac{10^3}{2\pi f}; \quad (2.2)$$

$$S = V / 2\pi f = a \cdot \frac{10^3}{2\pi f^2}; \quad (2.3)$$

$$a = (2\pi f)^2 \cdot S \cdot 10^{-3} = 2\pi f \cdot V \cdot 10^{-3} \quad (2.4)$$

Таким чином, вібрація - це механічні коливання тіла біля положення рівноваги. Ідеальна машина, не повинна створювати механічних коливань, тому що в ній вся енергія повинна перетворюватися в корисну роботу. На практиці при роботі будь-яких механічних і електромагнітних систем виникають коливання, викликані різними причинами. За природою виникнення вібрація буває: механічна, аерогідродинамічна, електромагнітна, електродинамічна. За конструктивним вузлом (елементом) її зухвалим: роторна, лопаткова, підшипникова, зубчаста.

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Загальні відомості про вібродіагностику

Діагностика механізмів по параметрах вібрації – вібродіагностика дозволяє:

- визначити реальний технічний стан механізмів і якість ремонтів;
- зменшити фінансові і трудові витрати при експлуатації машин;
- скоротити потребу в запасних частинах, матеріалах і устаткуванні;
- запобігти раптовим відмовам механізмів і аварійним простоям;
- продовжити міжремонтний період і термін служби механізмів;
- планувати терміни і об'єми технічного обслуговування і ремонтів.

Рекомендується розрізняти три види коливань:

- відносні коливання валів (по відношенню до вкладишів підшипника);
- абсолютні коливання опор;
- абсолютні коливання валів.

Для машин на підшипниках кочення, таких, як центрифуги і млини, найбільш інформативні дані, отримані шляхом вимірювання абсолютних коливань. Для машин на підшипниках ковзання оцінка стану проводиться, як правило на основі вимірювання відносних коливань валів, але, крім того, для таких машин при виборі типу вимірювання необхідно додатково враховувати співвідношення мас і жорсткостей рухомих і нерухомих частин машини:

– ротор з малою масою може спонукати жорстку опорну конструкцію з великою масою тільки до незначних коливань підшипників. Такі особливості конструкції зустрічаються, наприклад, у ротаційних компресорів. В їхньому випадку ротор в своїх підшипниках ковзання здійснює великі рухи валу. Відносні коливання валу можуть бути в 10-50 разів більші абсолютних коливань підшипників. В цьому випадку слід виміряти відносні коливання валів.



– при відносному збільшенні маси ротора змінюється співвідношення між коливаннями валів і коливаннями підшипників. У випадку, наприклад, турбоагрегату потужністю 100 МВт відносні коливання валів вже тільки в 4-10 разів більше, ніж абсолютні коливання підшипників. Але і в цьому випадку перевага віддається вимірюванню відносних коливань валів. У разі турбоагрегатів для електростанцій прийнято додатково до цього виміряти ще і абсолютні коливання підшипників.

– у разі дуже великих машин, особливо елементів низького тиску парових турбін потужністю більше 500 МВт, маса ротора може порівнятися або навіть перевищити масу опорної конструкції. Тут абсолютні коливання валів можуть досягти приблизно таких же значень, як абсолютні коливання підшипників. Відносні коливання валів внаслідок цього будуть дуже малі. Тому в таких випадках рекомендується виміряти абсолютні коливання валів [8].

Для вимірювання абсолютних коливань використовують параметр віброшвидкості.

### 3.2 Вібродіагностичні методи оцінки технічного стану машин

Серед багато численних методів технічної діагностики особливе місце належить методам віброакустичної діагностики, орієнтованим на використання діагностичної інформації, що міститься в коливальних процесах машин і конструкцій. Ефективність методів віброакустичної діагностики обумовлена високою чутливістю характеристик коливних процесів до зміни параметрів технічного стану. Частотний діапазон віброакустичних сигналів незвичайно високий: від інфразвукових до ультразвукових частот, тобто від сотих герц до сотень кілогерц.

Основу вібродіагностики механічних систем складає аналіз зміни структури віброакустичних сигналів під дією технологічних чи експлуатаційних дефектів [8].

Суть проблеми віброакустичної діагностики машин і конструкцій полягає в розробці і практичній реалізації алгоритмів оцінки параметрів технічного стану об'єкта без його розбирання по параметрах віброакустичних процесів.

При експлуатації машин для оцінки технічного стану її складових частин використовуються вібраційні методи і проводиться контроль зміни основних показників режиму роботи. Оскільки значення вібрації складових частин машин залежить від режиму їх роботи і стану опорних конструкцій об'єкту діагностування (ОД), то при аналізі її змін необхідно це враховувати.

Коливання, реєстровані вібродавачем, встановленим в контрольній точці, є суперпозицією коливань від різних віброакустичних джерел. Кожне віброакустичне джерело має свій спектр, який треба виділити із загального і для оцінки його інтенсивності визначити сумарний рівень. Інтенсивність віброакустичних джерел визначається потужністю збудження, яка залежить від конструктивних параметрів складових частин ОД і від їх розташування, від технологічних дефектів, від технічного стану їх кінематичних пар і елементів проточної частини, режиму роботи і точки вимірювання параметрів віброакустичних сигналів. Конструктивні параметри і дефекти складових частин ОД впливають не лише на рівень вібрації, але і на перерозподіл енергії між різними частинами складових спектру [9].

Значення параметра віброакустичного сигналу в певному діапазоні (вузькосмуговому, третьооктановому і більш широкому) не дозволяють достатньо точно оцінити інтенсивність основних віброакустичних джерел в контрольних точках, оскільки порівнюються і аналізуються лише окремі складові спектру, що залишаються. В вузькосмуговому спектрі цих складових велике число (від 800 і більш), що значно затрудняє аналіз результатів вимірювання .

Даний спосіб оцінки інтенсивності основних віброакустичних джерел полягає у встановленні для них інтегральних характеристик, тобто дозволяє представити інформацію в стислому вигляді. Ці характеристики визначають

при обробці усередненого (або миттєвого, максимального) вузькосмугового спектру віброакустичних сигналів від датчиків, встановлених в самих інформативних контрольних точках, шляхом виконання таких операцій:

- виділення і підсумовування усереднених дискретних складових спектру (середньоквадратичних або миттєвих, пікових значень) параметра вібрації (віброшвидкості, віброприскорення, віброзміщення) для кожного віброакустичного джерела періодичних і квазіперіодичних коливань з урахуванням характерних його особливостей;

- ідентифікація безперервних (суцільних) складових усередненого (або миттєвого) спектру параметра вібрації по сукупності ознак і виділення, при необхідності, інформативних частотних діапазонів з безперервним спектром;

- підсумовування тільки усереднених рівнів складових безперервного спектру у вибраному інформативному діапазоні.

Для визначення інтенсивності віброакустичного джерела безперервного спектру допускається визначати інтегральну характеристику шляхом виключення дискретних і істотних вузькосмугових і широкосмугових екстремумів спектру в частотному діапазоні, що цікавить, і підсумовування складових спектру, що залишилися.

Для ідентифікації частотних складових спектру використовують різні методи відключення, виключення або виділення віброакустичних джерел. Вибирають самі інформативні контрольні точки для визначення вібраційних характеристик, проводять спеціальні випробування агрегату і визначають швидкісну, режимну, контурну і змашувальну вібраційні характеристики, визначають резонансні частоти, які необхідно розділити за походженням на механічні і аеродинамічні і т.д. При аналізі і обробці вузькосмугового спектру використовують характерні особливості віброакустичних джерел складових частин агрегату [10]:

- частоти дискретних складових спектру, пов'язані з частотою обертання (основні і полуторні гармоніки частоти обертання, її субгармоніки, гармоніки основних лопаток і зубчатих частот, а також їх бічні частоти, які виникають при

модуляції: коливання на основній частоті обертання або інших частотах, наприклад, коливання, пов'язані з частотою зриву потоку і ін.);

– вузькосмугові і широкосмугові локальні екстремуми спектру (коливання, що передаються від поруч працюючих джерел вібрації або складових частин агрегату, частот, пов'язаних з автоколиваннями і гістерезисними явищами, критичні частоти валопроводу, резонансні частоти агрегату, пов'язані з коливаннями механічних систем і змінами їх параметрів, а також з коливаннями стовпів газу або рідини в трубопроводах і каналах проточної частини, слід враховувати бічні частоти, пов'язані з модуляцією резонансних коливань, наприклад, власних коливань лопаток робочого колеса коливаннями на основній частоті обертання або пульсаціями потоку і ін.);

– типові (регресійні) залежності інтенсивності віброакустичних джерел від конструктивних і газодинамічних параметрів;

– кореляційний зв'язок між різними параметрами і характеристиками складових частин компресорного агрегату.

Віброакустичними джерелами, що мають малу інтенсивність в порівнянні з іншими джерелами, або замаскованими більш інтенсивними, звичайно нехтують, за умови, що це не вплине на надійність більш раннього виявлення дефекту. Інакше необхідно використовувати методи виділення цих джерел.

Методика і алгоритми визначення інтенсивності віброакустичних джерел висвітлені в державних стандартах України (ДСТУ 3160-95 - ДСТУ 3163-95). Вони успішно були використані і для інших машин (насосів, електродвигунів, парових і газових турбін, зубчатих передач). На основі них розроблені і впроваджені системи моніторингу і діагностики машин [10].

Оцінка технічного стану складових частин машин проводиться також шляхом порівняння поточних вібраційних характеристик і основних показників режимів роботи з базовими. Такий підхід дає значні переваги в порівнянні з іншими методами, оскільки об'єднуються методи параметричної і віброакустичної діагностики. Використовується метод, який дозволяє оцінити

зміни не тільки окремих складових спектру і загальних рівнів параметрів вібрації в певному частотному діапазоні, а зміна інтенсивності конкретних віброакустичних джерел і інформативних складових вузькосмугового спектру.

Несправності і дефекти машин (пов'язані із зносом кінематичних пар і проточної частини, з дефектами монтажу і зборки, з дисбалансом рухомих частин, з несприятливими режимами роботи і т.д.) визначаються по змінах вібраційних характеристик і показників режиму роботи. Для цього використовуються діагностичні словники і спеціально побудовані графіки (діаграми), функціональні і регресійні залежності.

Вібраційне дослідження об'єктів проводять з метою вивчення впливу різних чинників (показників режиму роботи і певних структурних показників) на вібраційні характеристики з метою отримання режимних або еталонних вібраційних характеристик, а також для з'ясування і усунення причин підвищеної вібрації складових частин об'єкту.

Практично всі види дефектів, що визначають ресурс механічного обладнання, змінюють параметри віброакустичного сигналу, тому якраз віброакустичні параметри можуть бути основними при виявленні дефектів механічних і інших пристроїв, порушенні робочих процесів в машинах і режимів їх функціонування.

Система діагностування з функціональної точки зору являється дворівневою і складається фактично з двох підсистем [11].

Первинна підсистема призначена для збору інформації. Вона складається з датчиків вібрації і узгоджуючих пристроїв.

Вторинна підсистема призначена для вводу і обробки інформації, яка поступає з первинної системи.

### 3.3 Організація збору даних про вібропараметри млина

Вібрація тіла завжди викликається силами збудження. Ці сили можуть бути прикладений до об'єкту ззовні або виникати всередині нього самого.

Для того щоб зняти покази по вібрації млина, використовується система для віброакустичної діагностики Vibrocontrol 1000 і давач вібрації Shencck VS-069 (рисунок 3.1).

Характеристики даної системи наведені нижче (таблиця 3.1). Це система призначена для одноканального моніторингу абсолютних вібрацій. Вона включає в себе давач вібрації і електронний модуль. Має один вхід для підключення давача і два аналогові виходи 0..10 В або 0/4-20 мА для подальшої обробки сигналу, і виводу його на дисплей або самописець.

Для вхідного сигналу в системі задані 2 рівні аварійних значень для двох граничних реле.



Рисунок 3.1 - Загальний вигляд елементів системи віброконтролю

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики Vibrocontrol 1000

Параметри, що вимірюються	Віброшвидкість	Вібропереміщення
Діапазони параметрів, що вимірюються	0:2/5/10/50/100 мм/с	0:20/50/100/200/500/ 1000 мкм
Частотний діапазон	10:1000 Гц 15:1000 Гц	
Стандарт	10..1000Гц	
Опція	1..1000Гц	
Аналогові виходи	0/4..20мА, 0..10В	
Межі	2	
Діапазон, що задається	10..100% від діапазону, що вимірюється	
Живлення	230В/115В/24В	
Робоча температура	-30..+65 <sup>0</sup> С	
Максимальна відносна вологість	95%	
Вага	3кг	

В даній системі використаний давач швидкості віброколивань VS-069 (рисунок 3.2), його частотна характеристика і коефіцієнт передачі зображені на рисунку 3.3.

Він працює по електродинамічному принципу і використовується для реєстрації абсолютних коливань механізмів. Напрямок вимірювання в нього вертикальний.

Коефіцієнт передачі  $E$  при  $f = 80$  Гц визначається за формулою 3.1

$$E = \frac{75mV}{mm / s} \times \frac{R_L}{3k\Omega + R_L} \quad (3.1)$$

де  $R_L$  – Опір навантаження.

Чутливість магнітного поля для даного датчика складає  $\frac{< 0,024mm / s}{0,1mT}$ .

Кабель захищений сталевую гнучкою трубкою з поліуретановою оболонкою.

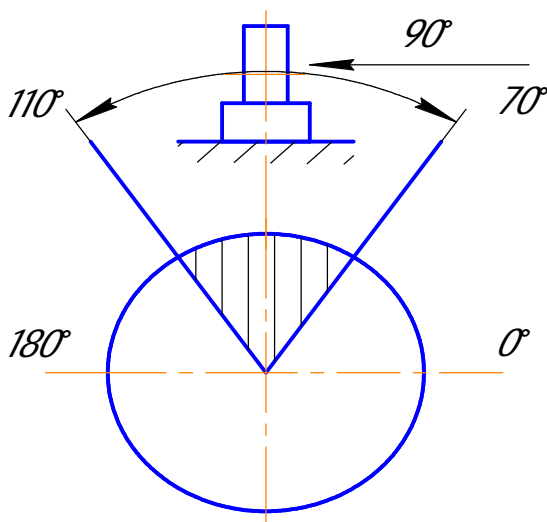


Рисунок 3.2 – Принцип вимірювання VS-069

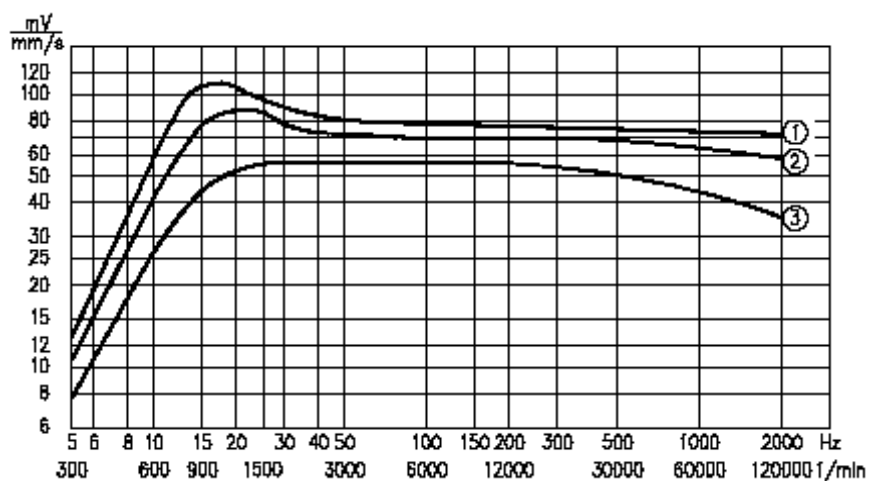


Рисунок 3.3 – Типова частотна характеристика і коефіцієнт передачі

Таблиця 3.2 – Характеристики кривої датча VS-069

Крива	$R_L$	Чутливість $\pm 5\%$
1	1МОм	75мВ/мм/с
2	27кОм	68мВ/мм/с
3	6,8кОм	53мВ/мм/с



Таблиця 2.3 – Характеристика давача вібрації VS-069

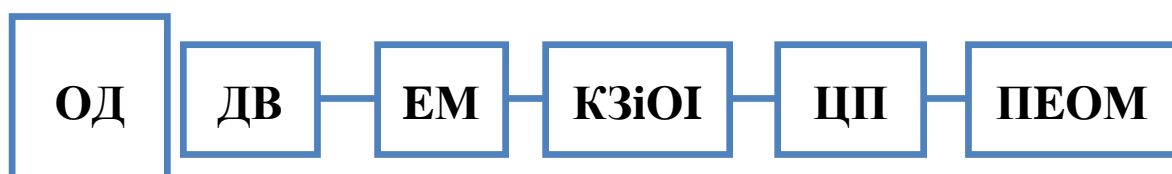
Назва	Параметр
Чутливість	$\pm 5 \%$
Внутрішній опір	$4 \text{ k}\Omega \pm 5 \%$
Поперечна чутливість	$\leq 7 \%$
Власна частота $f_0$	$8 \text{ Гц} \pm 10 \%$
Діапазон робочої температури	$-40 \dots + 80^\circ\text{C}$ (короткочасно $+ 100^\circ\text{C}$ )
Максимально допустиме вібропереміщення	$\pm 0,45\text{мм}$



Рисунок 3.4 – Розміщення давача VS-069 на об'єкті вимірювання вібрації

Давач розміщений на корпусі підшипника редуктора млина (рисунок 3.4). Редуктор розміщений в основі млина і служить для передачі крутного моменту з двигуна на чашу млина.

Структурна схема системи віброконтролю млина показана на рисунку 3.5. Вона складається з безконтактного давача вібрації VS-069, електронного модуля Vibrocontrol 1000, контролера збору і обробки інформації, і процесорного модуля, який являє собою SIMATIC S7-300.



ОД – об’єкт діагностування, ДВ- давач вібрації, ЕМ – електронний модуль, КЗіОІ – контролер збору і обробки інформації, ПМ – процесорний модуль , ПЕОМ – персональна електронно-обчислювальна машина

Рисунок 3.5 – Структурна схема системи віброконтролю млина

Принцип роботи системи полягає в тому, що давач вібрації фіксує віброшвидкість валу млина у вертикальному напрямку і передає ці коливання на електронний модуль, а звідти вони передаються по струмовому каналу 4 – 20 мА на аналогові входи КЗіОІ (ES7 322). Звідси вони передаються на процесорний модуль типу CPU 316 де обробляються і передаються на ПЕОМ у вигляді графічної і числової інформації. Там за допомогою програмного пакету INTACH можна переглянути результати вібродіагностики.

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Обґрунтування удосконалення системи за допомогою експериментальних даних

В заданій системі використаний тільки один давач швидкості віброколивань. Він може вимірювати тільки вертикальну складову віброшвидкості. Для більш повнішого огляду вібрації млина необхідно мати усі складові. Тому для їх визначення використовуємо експериментальний переносний давач вимірювання вібрації - трьохкомпонентний акселерометр типу AP21 (рисунок 4.1), який дозволяє вимірювати віброприскорення об'єкта дослідження по трьох взаємо перпендикулярних осях. Мала маса вібродавача робить його унікальним на світовому ринку. Також діапазон його частот співпадає з вимірюваними частотами.

Особливості:

- конструкція з трьома чутливими елементами;
- нероз'ємний трьохжильний кабель;
- різьбове кріплення;
- поєднання мініатюрності і сприйнятливої чутливості.

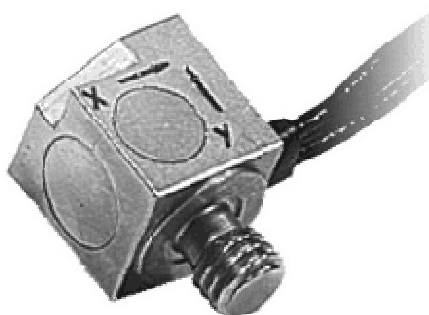


Рисунок 4.1– Загальний вигляд датчика AP21

Його технічні характеристики наведені в таблиці 4.1.

На рисунку 4.2 наведені геометричні розміри давача AP21, які можуть бути використані при проведенні монтажних робіт.

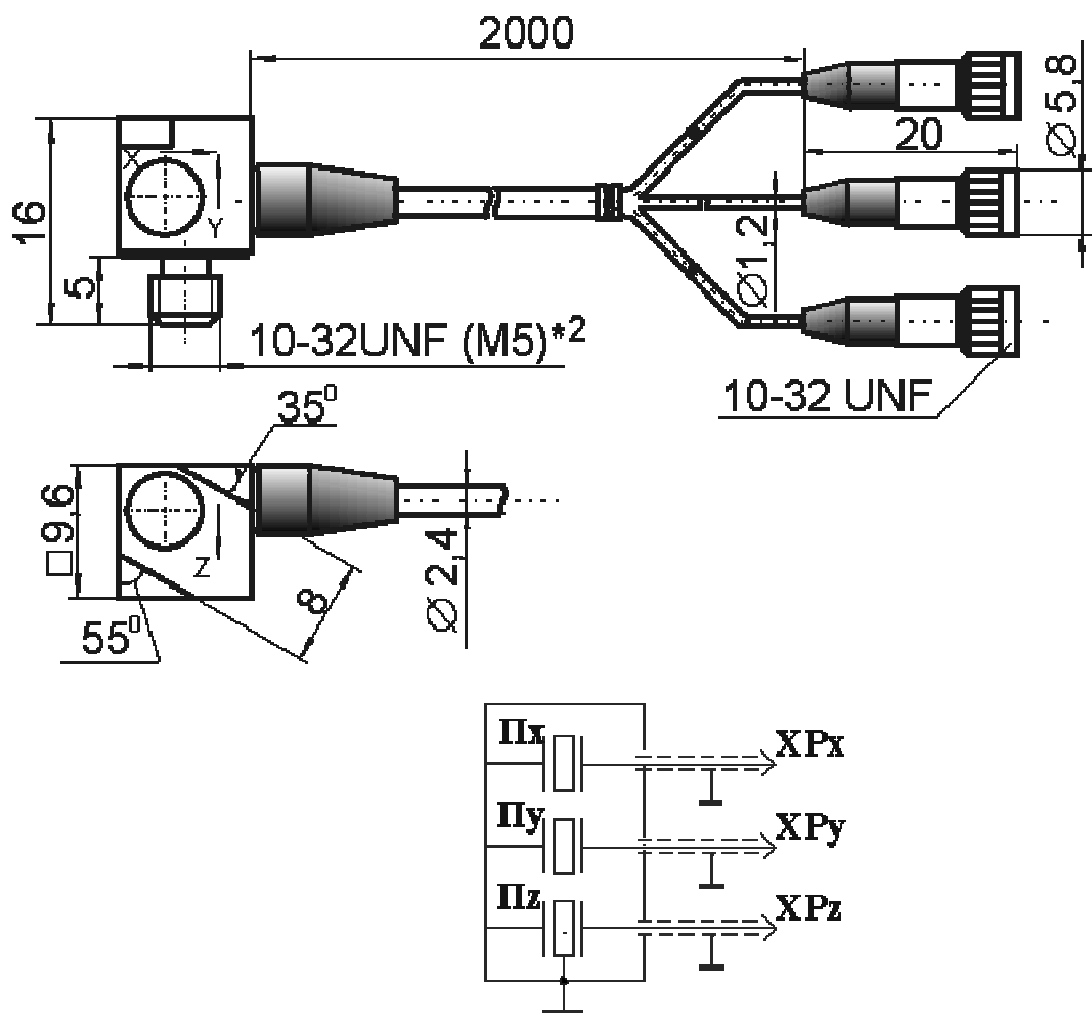


Рисунок 4.2 – Розміри давача AP21

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики давача AP21

Параметр	Розмірність	Значення
1	2	3
Осьова чутливість	пКл/g	2
Частотний діапазон	Гц	0.5-20000
Частота резонансу	кГц	>55
Верхня границя вимірювальних прискорень	gпiк	10000
Максимальний удар	gпiк	20000
Температурний діапазон	°C	-60/+150
Відносна поперечна чутливість	%	<5
Деформаційна чутливість	гм/мкм	<0.005
Опір ізоляції	МОм	>10000
Ємність	пФ	600-900
П'єзоелектричний матеріал		ЦТС19
Кріплення		M5 (10-32 UNF)
Ізоляція основи		Немає
Довжина вмонтованого кабелю	м	2
Тип роз'єму		3 x 10 - 32
Місце роз'єму		збоку
Розміри	мм	9,6 x 16

Експериментальний давач розміщуємо на корпусі підшипника редуктора млина під кутом 90 градусів до наявного давача (рис. 4.3).

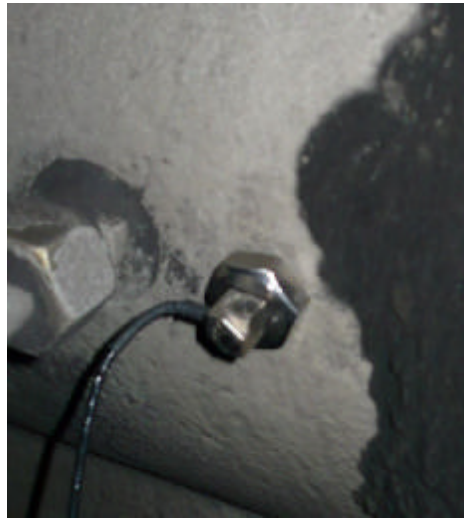


Рисунок 4.3 – Розміщення експериментального давача AP21

Сигнал з давача поступає на підсилювач і звідти вже передається на ноутбук (рис. 4.4). На ноутбуці записуємо сигнал у wav-форматі, який в подальшому обробляємо за допомогою програмного пакету Matlab.



Рисунок 4.4 – Система збору експериментальних вібропараметрів

Маємо три сигнали рівня вібрації по трьом складовим. Вісь X – поперечна складова вібрації, Вісь Y – горизонтальна складова вібрації, Вісь Z – вертикальна складова вібрації. В подальшому сигнали розглядаємо, як X, Y і Z складові.

#### 4.2 Обробка і аналіз експериментальних даних по вібрації

Так як віброприскорення використовують при визначенні ступеня ушкодження, наявності дефектів і сили ударів у підшипниках й зубчастих передачах, а в даному випадку нас цікавить технічного стану млина. Вібрація полігармомічного характеру, а для визначення технічного стану в даному випадку краще застосовувати віброшвидкість, як параметр дослідження. Віброшвидкість пов'язують із енергією механічних коливань, спрямованої на руйнування деталей.

Сигнал, отриманий після акселерометра, з великою точністю перетворюємо в сигнал віброшвидкості за допомогою інтеграції. Цю процедуру здійснюємо перед проведенням частотного аналізу для того, щоб отримати спектр віброшвидкості. В результаті інтеграції знижується рівень вищих частотних складових- в два рази при кожному подвоєнні частоти (6 дБ на октаву). Тому інформація, що міститься в сигналі віброприскорення, візуально наочніша, ніж в сигналі віброшвидкості, якраз унаслідок підкреслення високочастотних складових. Людина візуально здатна розрізнити сигнали що відрізняються один від одного по амплітуді більш ніж в 100 разів, що багато менше, ніж динамічний діапазон аналізатора спектру. Результати досліджень приведені на рисунках 4.5 – 4.10.

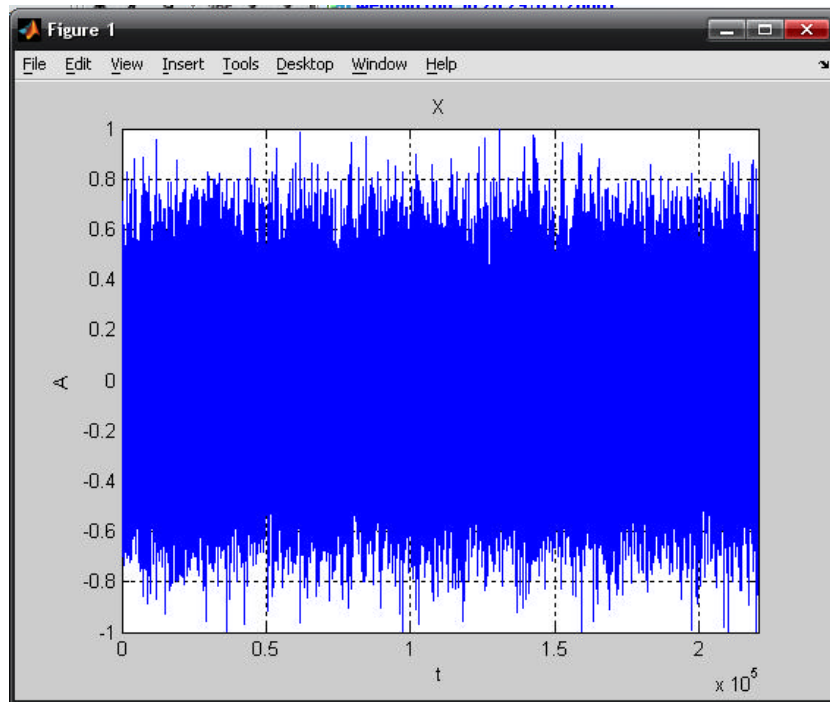


Рисунок 4.5 – Сигнал віброприскорення по осі X

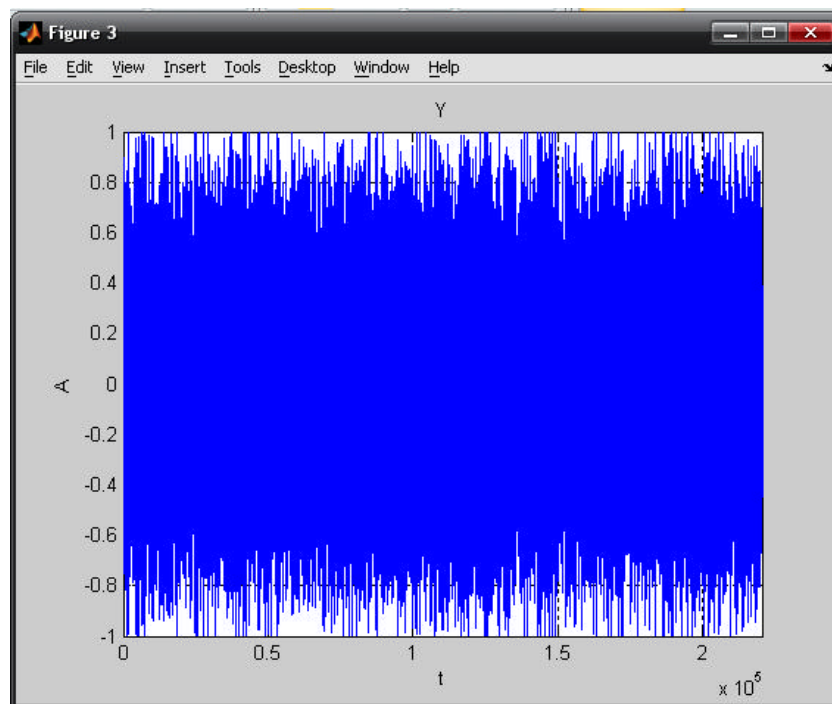


Рисунок 4.6– Сигнал віброприскорення по осі Y



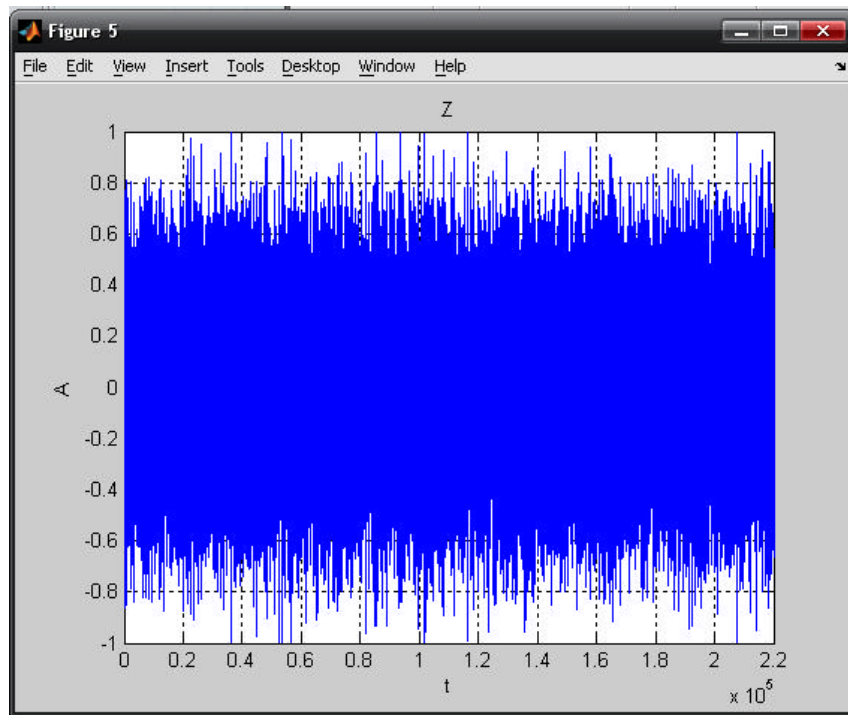


Рисунок 4.7 – Сигнал віброприскорення по осі Z

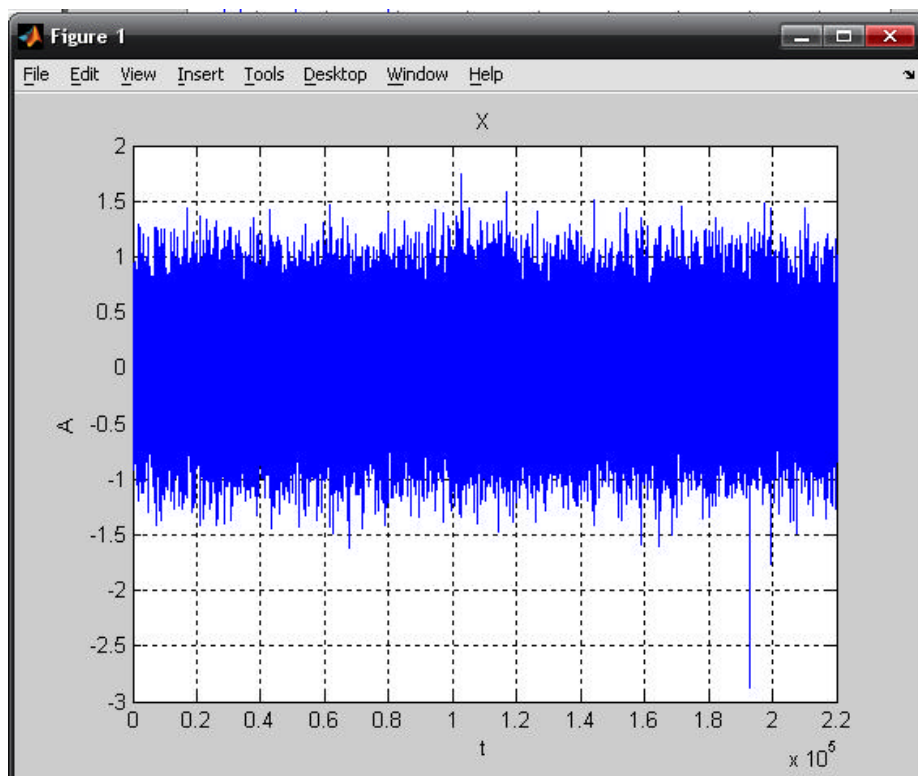


Рисунок 4.8 – Сигнал віброшвидкості по осі X

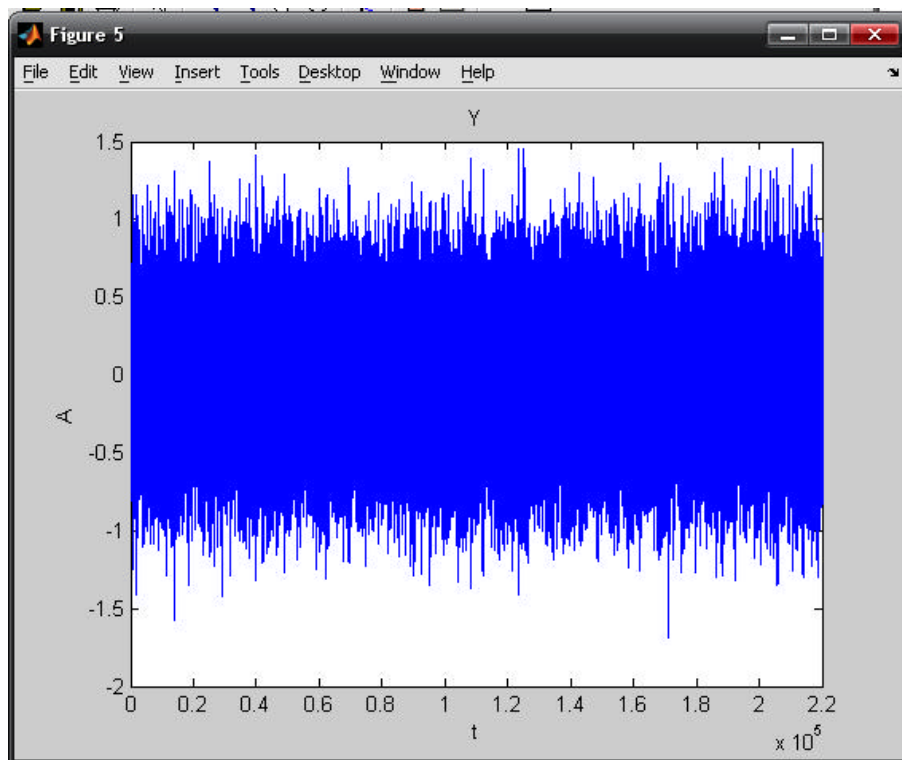


Рисунок 4.9 – Сигнал віброшвидкості по осі Y

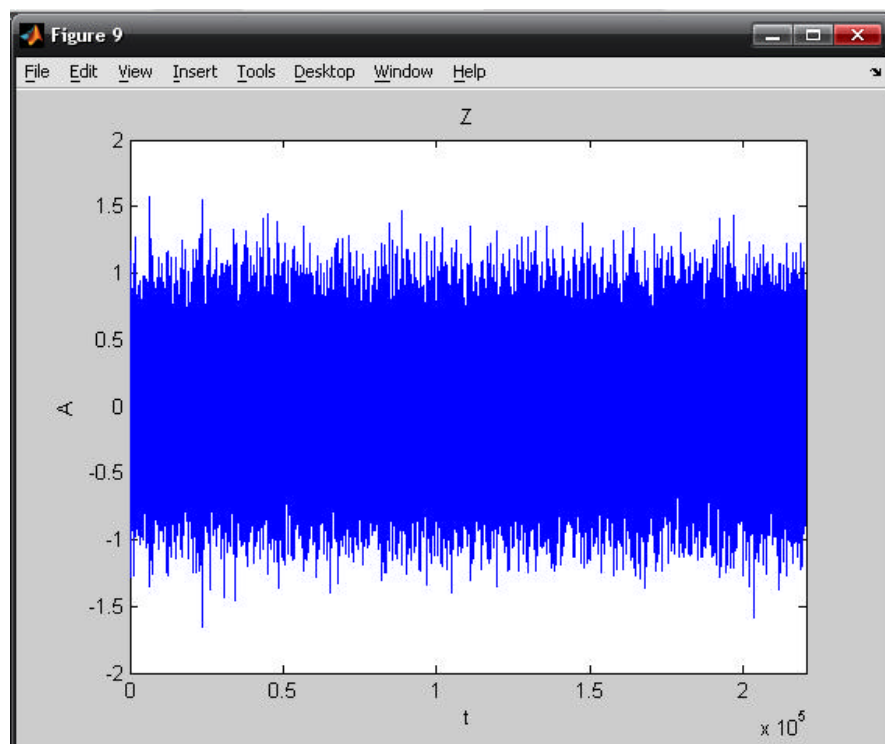


Рисунок 4.10– Сигнал віброшвидкості по осі Z

Спектральний аналіз - один з методів обробки сигналів, який дозволяє охарактеризувати частотний склад вимірюваного сигналу. Перетворення Фур'є

є математичною основою, яка пов'язує часовий або просторовий сигнал (або ж деяку модель цього сигналу) з його уявленням в частотній області. Для кращого вивчення технічного стану млина, необхідно перевести сигнал з часової характеристики в частотну, а саме спектрально представити періодичний сигнал комплексним рядом Фур'є. Для цього використаємо функцію швидкого перетворення Фур'є  $y=FFT(x)$  в програмному середовищі Matlab.

На рисунках 4.11, 4.12 і 4.13 представлені спектри X, Y, Z складових віброшвидкості. На рисунках 4.11 і 4.13 представлені спектри сигналів, які можна описати гармонічними сигналами однієї частоти. Оскільки чітко виділений на частоті 585.4 Гц пік потужності.

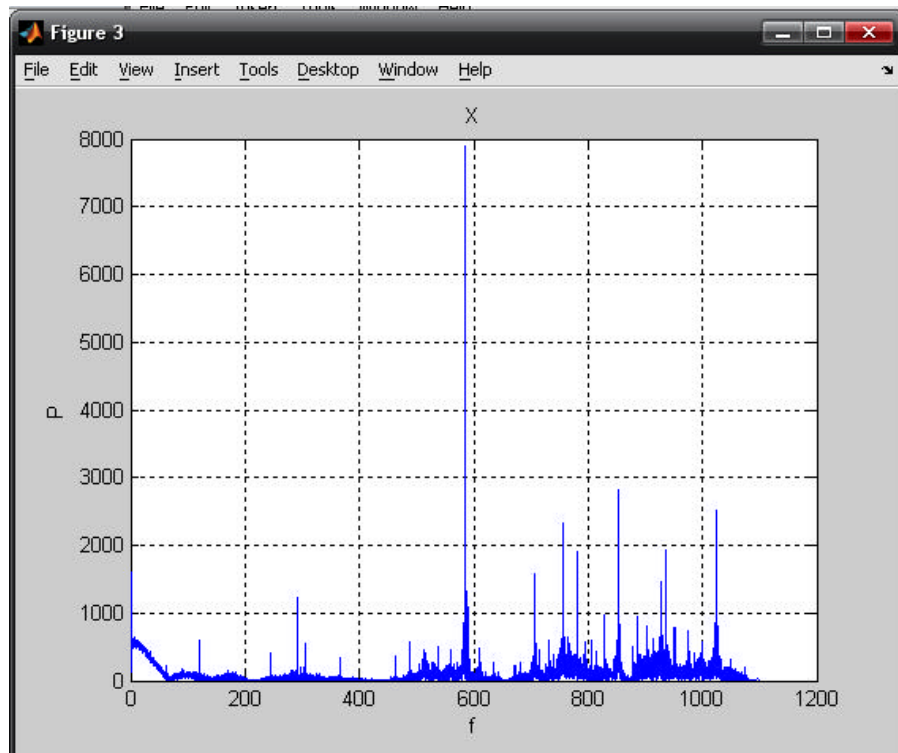


Рисунок 4.11 – Спектр віброшвидкості по осі X

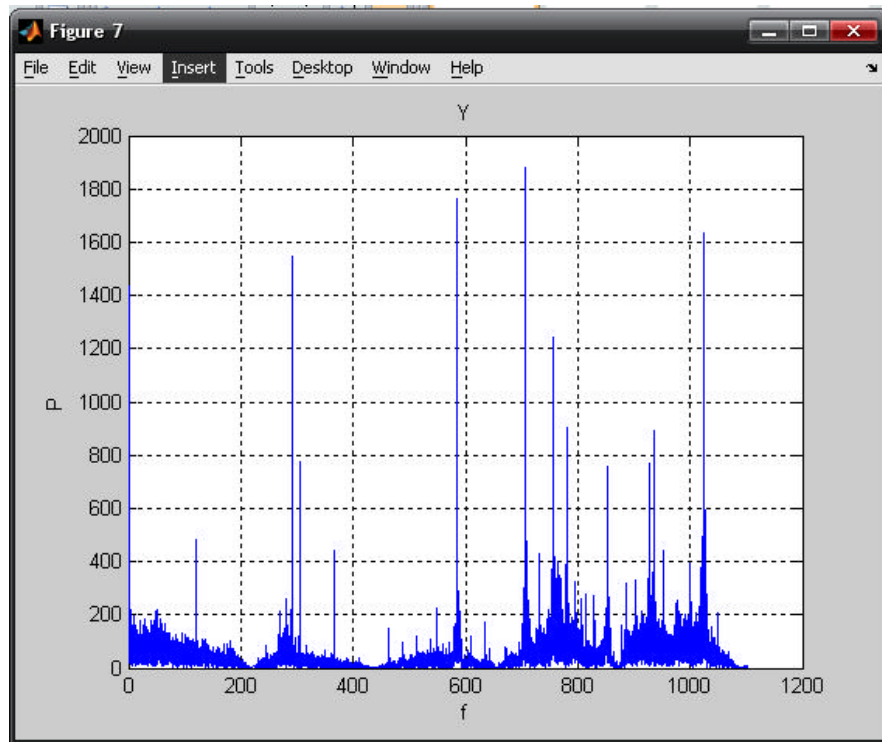


Рисунок 4.12 – Спектр віброшвидкості по осі Y

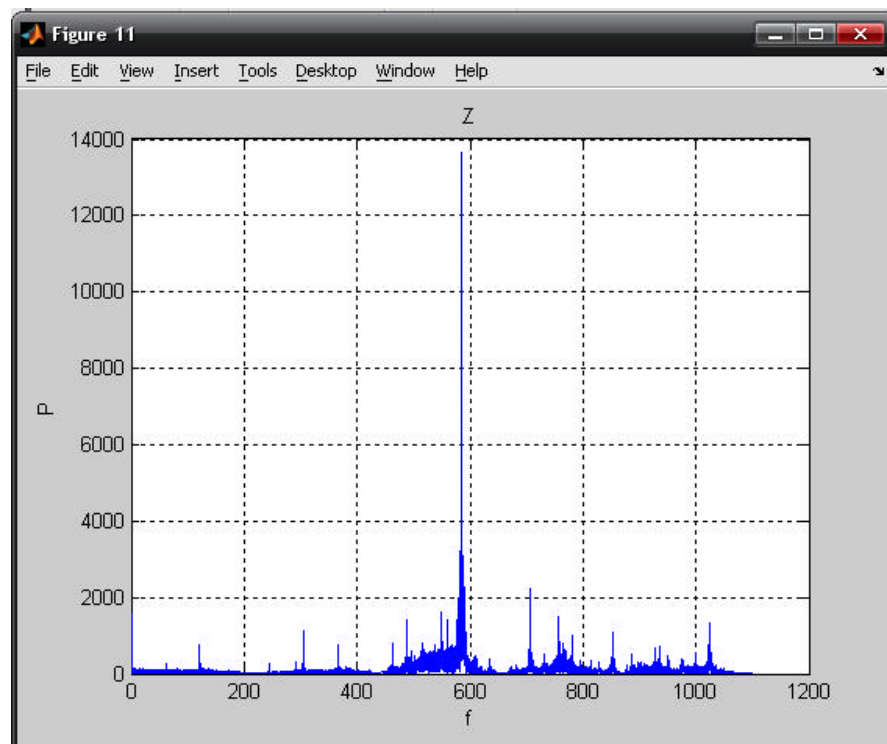


Рисунок 4.13– Спектр віброшвидкості по осі Z

Якщо глянути на спектр Y складової, то чітко виділити однієї гармоніки ми не можемо, оскільки пік потужності спостерігається на

багатьох частотах. А це означає, що найбільш інформативною є горизонтальна складова вібрації. Для більшої детермінованості процесу слід внести ще один давач, який буде вимірювати її.

#### 4.3 Вдосконалення системи віброконтролю млина

Коливальний рух твердого тіла може бути повністю описаний у вигляді комбінації шести найпростіших типів руху: поступального в трьох взаємноперпендикулярних напрямках ( $x$ ,  $y$ ,  $z$  в декартових координатах) і обертального щодо трьох взаємно перпендикулярних осей ( $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ ) [9]. Будь-яке складне переміщення тіла можна розкласти на цих шість складових. Тому, про такі тіла говорять, що вони мають шість ступенів свободи.

Задана система віброконтролю вимірює вібрацію у вертикальному напрямі давачем VS-069. Оснащуємо її давачем VS-068 орієнтованим на вимірювання горизонтальної складової вібрації. Характеристики давача VS-068 аналогічні характеристикам давача VS-069. Різниця між ними полягає у напрямку дії. Також для давача VS-068 вводимо для обробки сигналу електронний модуль Vibrocontrol 1000.

В дану систему діагностування млина, додаємо давач швидкості віброколивань VS-068 фірми Bruel&Kjaer Vibro. Так як він нічим не відрізняється від аналогів, а відносно деяких параметрів і кращий за них. Він працює по електродинамічному принципу і використовується для реєстрації абсолютних коливань механізмів. Напрямок вимірювання в нього горизонтальний VS-068 (рис.4.14).

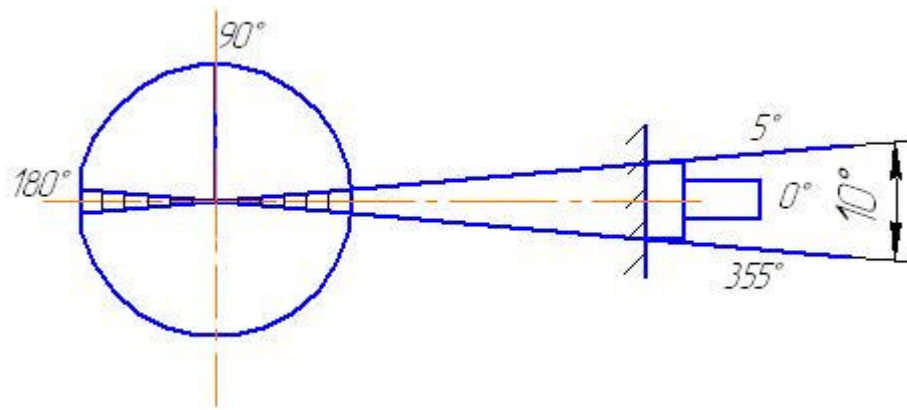


Рисунок 4.14 – Принцип вимірювання VS-068

Технологія діагностування механізмів по віброакустичних показниках складається з послідовних операцій, що полягає у вимірюванні коливань, контролі основних параметрів шляхом порівняння їх з допустимими значеннями, постановка діагнозу, встановлення причини відхилення вимірюваних параметрів коливань від норми.

В якості контролюючого параметру, що дозволяє виявити дефекти типу дисбалансу, попадання стороннього предмету в млин, не співвісності чи прогинання валу, що значно збільшують коливальну енергію млина в низькочастотному діапазоні рекомендується використовувати середньоквадратичне значення (СКЗ) віброшвидкості в діапазоні частот від 5 Гц до 1 кГц.

Так як, для таких механізмів рекомендується вимірювати коливання у вертикальному, горизонтальному і осьовому напрямку [9]. В нашій системі ми використовуємо два таких датчика, і помістимо їх навколо млина в трьох різних точках, як показано на рисунку, з метою отримання максимальної інформації про коливання млина в різних режимах.

Структурна схема вдосконаленої системи віброконтролю млина показана на рисунку 4.15. Вона складається з двох безконтактних давачів вібрації VS-068 і VS-069, електронних модулів Vibrocontrol 1000, контролера збору і обробки інформації та центрального процесора, який являє собою SIMATIC S7-300.

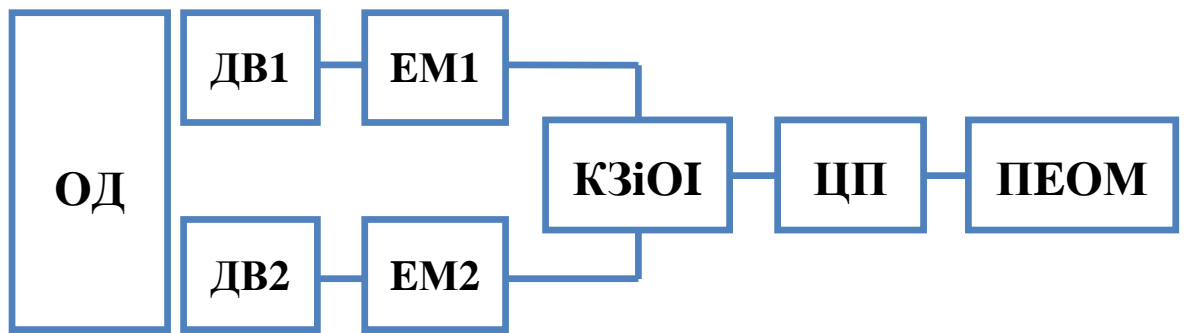


Рисунок 4.15 – Структурна схема удосконаленої системи віброконтролю

Принцип роботи системи полягає в тому, що датчики вібрації фіксують віброшвидкість валу млина в одному з допустимих напрямків і передають ці коливання на електронні модулі звідти вони передаються по струмовому каналу 4 – 20 мА на аналогові входи КЗіОІ (ES7 322). Звідси вони передаються на процесорний модуль типу CPU 316 де обробляються і передаються на ПЕОМ у вигляді графічної і числової інформації.

#### 4.4 Вибір модуля управління

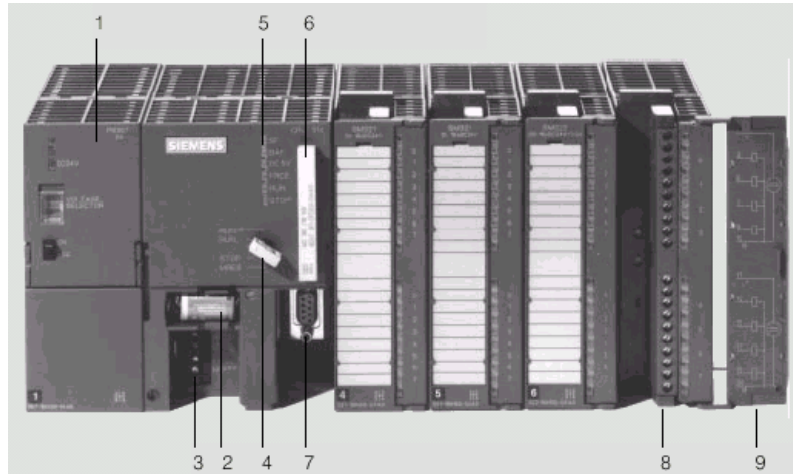
SIMATIC S7-300 побудований за модульною структурою, тобто є можливість довільно вибирати потрібну конфігурацію шляхом простої заміни відповідних модулів. Крім того SIMATIC S7-300, як і будь-який інший контролер фірми SIEMENS, має можливість розширення шляхом під'єднання до нього додаткової корзини розширення з довільною конфігурацією модулів. Загальний вигляд SIMATIC S7-300 показаний на рисунку 4.16 [10].

Крім цього контролери SIMATIC S7-300 мають можливість працювати в мережі при під'єднанні їх по протоколу MPI або PROFIBUS і PROFIBUS Plus, Industrial Ethernet що розширює область їх застосування.

Програмування контролера здійснюється мовою сходиноквої логіки згідно з стандартом IEC-1131 та 984-LL з використанням програмного середовища STEP 7 v. 2.1 або новішого [10].

Контролери SIMATIC S7-300 випускаються з широкою номенклатурою процесорних модулів: CPU 314, CPU 315, CPU 315-2DP, CPU 312IFM и CPU 313 швидкодія виконання логічних команд складає 600нс, в CPU 314IFM CPU 316 – 300нс, в CPU 318-2 – 100нс [10].

Всі ці модулі мають вбудований блок живлення на 24 В постійного струму, розширений набір команд 984, час зчитування 1К пам'яті 5 мсек, давач реального часу.



1- блок живлення; 2 -Буферна батарея; 3- клеми для підключення живлення = 24 В; 4- ключ керування режимами роботи; 5.- індикація стану системи; 6- субмодуль пам'яті; 7- роз'єм інтерфейсу MPI; 8- фронтальний з'єднувач; 9- захисна кришка.

Рисунок 4.16 – Загальний вигляд SIMATIC S7-300

До його складу входять такі основні елементи:

- літієва батарея незалежного живлення для функціонування контролера при виключеному джерелі живлення;
- перемикачі адреси контролера при роботі в мережі;
- місце на встановлення додаткової картки пам'яті РСМСІА;
- два порти PROFIBUS на роз'єми RJ-45;
- перемикач роботи контролера (зчитування даних з картки пам'яті РСМСІА або з оперативної пам'яті);
- перемикач режиму обміну даними;



- вбудований блок живлення на 24 В;
- набір світлодіодів для індикації режимів роботи контролера.



Рисунок 4.17 – Загальний вигляд процесорного модуля.

Для автоматизації процесу пилеприготування використовується процесорний модуль типу CPU 316 [10]. Характеристика даного процесорного модуля приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристики процесорного модуля CPU 316

Процесор CPU 316		25 МГц, макс. час сканування – 0,6 мс.
Память	оперативна	512
	даних	32 к
	додаткова	204 к
PCMCIA карта		-
Діапазон робочих температур		Розширений
Порт Modbus		2
Порт Modbus Plus		-
Кількість I/O слів		256

Загальний вигляд модулів аналогових входів показаний на рисунку 4.18. Модулі аналогового входу призначені для неперервного отримання інформації про той чи інший технологічний параметр, та її перетворення у форму яка доступна для подальших перетворень. В даній конфігурації контролера застосовано 2 модулі аналогових входів ES7 322.



Рисунок 4.18 – Загальний вигляд модулів аналогових входів

ES7 322 – це універсальний модуль аналогових входів, який перетворює у цифрову форму 8 аналогових входів. До нього можна підключати термометри опору, термопари та будь-які пристрої зі стандартними струмовими сигналами або сигналами по напрузі. В модулі сформовано дві групи по чотири ізольованих канали, кожен з яких може бути сконфігурований на різний вхідний сигнал.

Вбудований в модуль аналого-цифровий перетворювач може перетворювати вхідний сигнал у такі формати [10]:

- 12 біт (0÷4095);
- 15 біт + знак (-32768÷32767);
- 16 біт (0÷65535);
- IEEE 754 з плаваючою комою.

Зовні модуль аналогових виходів аналогічний до модуля аналогових входів. Модуль аналогових входів призначений для формування вихідного керуючого сигналу для впливу на той чи інший технологічний параметр. В даному проекті використано один модуль аналогових виходів 6ES7 322 .

6ES7 322 – це двохканальний модуль аналогових виходів. Кожен канал ізольований і може бути сконфігурований в діапазоні  $-10\div 10$  В або  $-0\div 20$  мА. Будь-який канал модуля може бути під'єднаний або до пристрою зі струмовим вхідним сигналом, або із сигналом по напрузі, незалежно один від одного.

Модуль 6ES7 322 має можливість підстроювання коефіцієнта підсилення по кожному каналу.

## 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 5.1 Опис програмного забезпечення системи збору даних

У даній роботі використовується програма „InTouch”, яка входить до комплексу програм промислової автоматизації „Wonderware Factory Suite”, які охоплюють три рівня управління: Control, Scada і Mes.

Промисловий світ прагне до інформаційної інтеграції. Точна, своєчасна, достовірна інформація у промисловості все більше визначає продуктивність праці, рівень витрат, якість та конкурентноспроможність продукції. Історично процес автоматизації проникав на виробництво одночасно з двох сторін – “зверху” та “знизу”. “Зверху”(в офісах) створювались інформаційні структури, які відповідали за роботу підприємств в цілому. Це автоматизація бухгалтерського обліку, управління фінансами і матеріально-технічним забезпеченням, організація документообігу та ін. Цей рівень називається плануванням ресурсів підприємства(MPR, manufacturing resource planning).

“Знизу”(в цехах) інформація від різноманітних датчиків перш за все використовувалась для безпосереднього управління виробничим процесом за допомогою ПЛК та промислових комп'ютерів. Цей рівень (Control Level), на якому замикаються „найкоротші” контури управління виробництвом. Потік інформації з датчиків також поступав на вхід систем SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition) (з англ. віддалене управління та збір даних). На цьому рівні (SCADA level) здійснюється оперативне управління технологічним процесом, приймаються технічні рішення, перш за все спрямовані на підтримку стійкості процесу виробництва. Далі на шляху інформаційного потоку виникала проблема. Очевидно, що інформація із цехів повинна „добиратися” до верхнього рівня. Але потік сирих даних без належної обробки буде для менеджерів та економістів „інформаційним шумом”. Необхідною з'єднувальною ланкою виступає новий клас засобів управління виробництвом – MES(Manufacturing Execution System), або системою виконання виробництва.

Впорядкована та оброблена інформація про хід процесу виготовлення продукції, стає доступною верхньому рівню управління підприємства в реальному часі та звичної для нього формі.

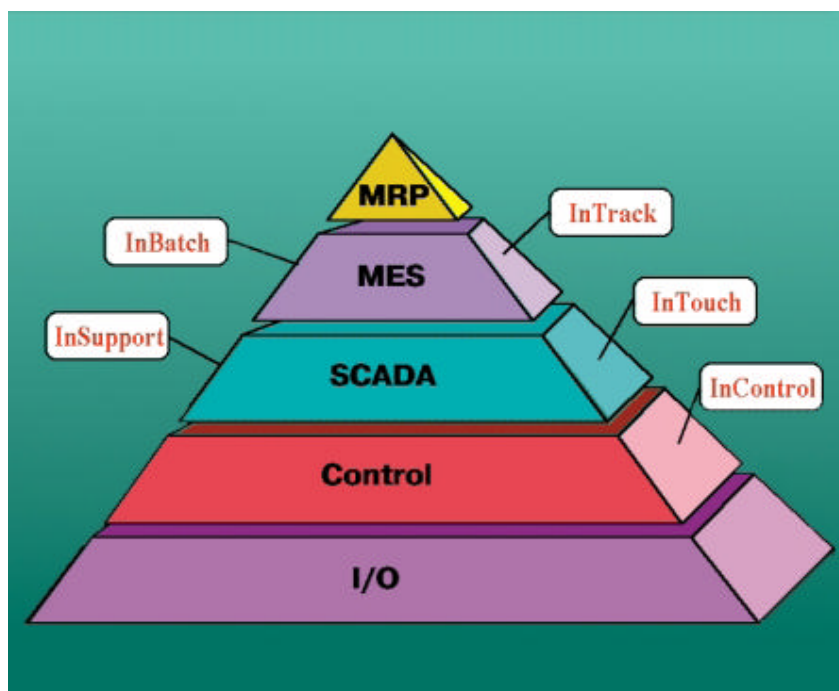


Рисунок 5.1 - Рівні управління Factory Suite

Новаторський набір програм, об'єднаний загальною назвою The Wonderware Factory Suite (заводський набір Wonderware) втілює сміливу ідею інтегрованої системи промислової автоматизації. Це один з перших в галузі набір програм, що створює постійне джерело, що поступають в реальному часі даних, якими можуть користуватися всі працівники підприємства: оператори, інженери і керівники середньої і вищої ланки. У теперішній час набір програм Factory Suite складається з п'яти ключових програм: Intouch, Intrack, Insupport, InBatch та Incontrol. Компоненти Factory Suite «покривають» три рівні автоматизації підприємства: Control, SCADA і MES (рис. 5.1). Всі вони легко інтегруються в єдину систему, яка надає дані, необхідні для підвищення продуктивності праці і рентабельності виробництва. Компанія Wonderware має намір і далі розвивати систему The Factory Suite вводячи в неї додаткові програми і функції.

Велике стратегічне значення має той факт, що набір програм The Factory Suite тісно пов'язаний з системою Microsoft Backoffice Suite. Це означає, що програми Intouch, Intrack, Inbatch, Insupport і Incontrol інтегруються з серверами Microsoft SQL Server, Windows Nt Server, Systems Management Server, SNA Server і Mail Server. В сумі The Factory Suite і Backoffice Suite представляють практично повний набір засобів для комплексної інтеграції нижнього і середнього рівня управління підприємством, совместі\_мих зверху з системами MRP. Компанії Wonderware і Microsoft мають загальну точку зору на перспективи майбутнього оновлення виробництва і разом працюють над створенням необхідних для цього нових засобів програмного забезпечення і планів їх маркетингу.

Intouch - пакет MMI/SCADA Wonderware Intouch – найбільш відомий поки компонент Wonderware Factory Suite - є одним з найпопулярніших в світі програм MMI/SCADA. Це набір могутніх і гнучких засобів розробки операторських інтерфейсів для побудови АСУ ТП дискретних і неперервних виробництв, розподільчих систем управління (DCS), SCADA і інших областей промислового застосування. Intouch дозволяє слідкувати за роботою підприємства, спостерігаючи за процесами, графічно відображеними на екранах в реальному масштабі часу. Нові можливості торкаються в основному розподіленої архітектури, зокрема розподіленою обробки аварійних сигналів, розподілених баз статистичних даних, можливості використання перемінного графічного розміщення, централізованої розробки і обслуговування Scada програм на різних вузлах виконання (Runtime) з одного вузла розробки (включаючи автоматичну синхронізацію версій). Сильною стороною Intouch є надзвичайно зручне в користуванні об'єктноорієнтоване середовище розробки (рис. 5.2). Intouch допускає необмежену кількість динамічних елементів відображення в кожному вікні.. Intouch включає бібліотеку об'єктів (Wizards), що дозволяють швидко конфігурувати готові компоненти операторського інтерфейса, такі як перемикачі, регулятори, лічильники, тренди, гістограми і ін. За допомогою додаткового інструмента (Extensibility Toolkit) можна

створювати на мові С свої власні Мастер-об'єкти, пристосовані до потреб конкретних застосувань.

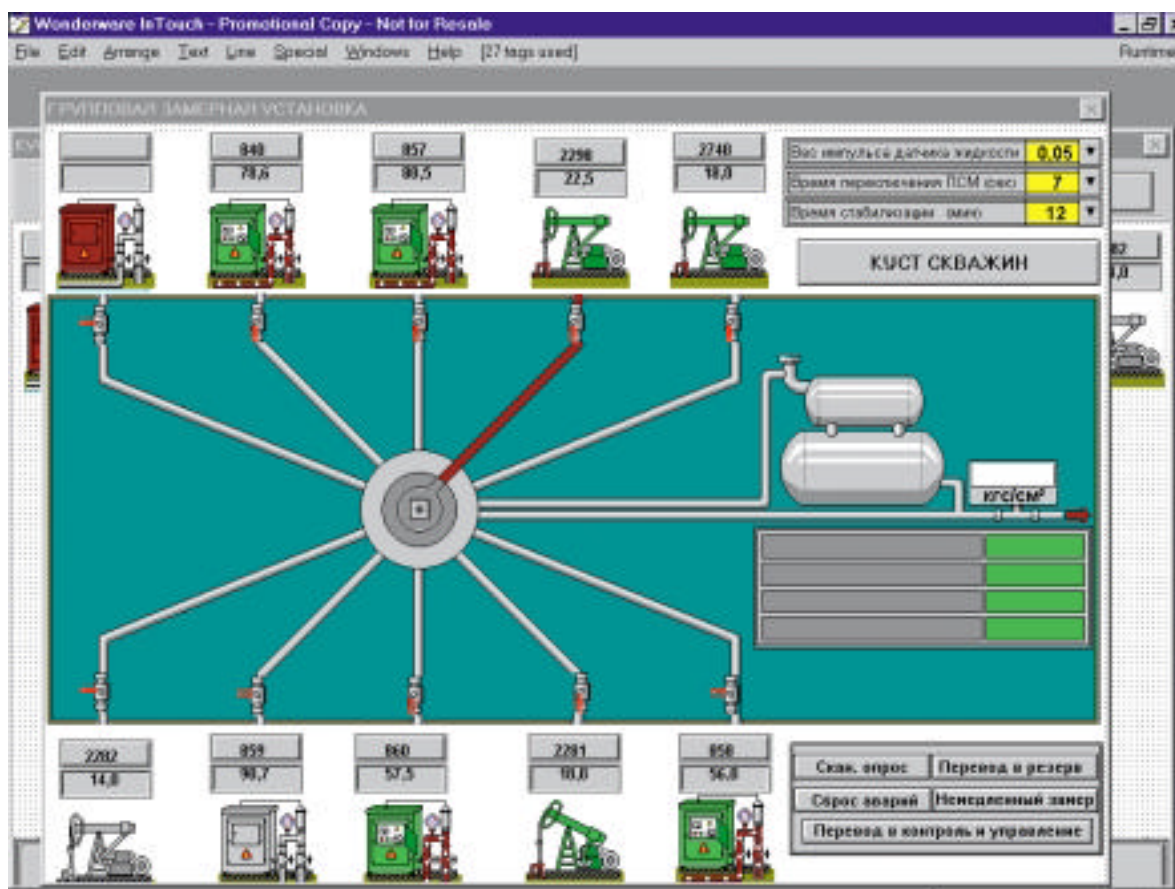


Рисунок 5.2 - Операторський інтерфейс системи SCADA

У пакет Intouch включені спеціальні Мастер-об'єкти, які дозволяють розробникам створювати свої бібліотеки Мастер-об'єктів не виходячи з середовища розробки Intouch. Іншою важливою перевагою Intouch є могутній гнучкф і інтуїтивно зрозуміла мова сценаріїв. Можна створювати власні сценарні, функції на мові Сі за допомогою інструмента Extensibility Toolkit додавати їх у бібліотеку Intouch. Набір опцій Intouch включає Менеджер рецептів (Recipe), модуль статистичного контролю технологічного процесу в реальному часі (SPC) і бібліотеку функцій мови структурних запитів (SQL Access) для обміну даними з різними зовнішніми СУБД.

Нарешті, не можна не сказати про „комунікабельність” Intouch. Звдяки створеним Wonderware розширенням стандартного протоколу DDE fastdde і NETDDE, Intouch надзвичайно легко встановлює зв'язок і обмінюється даними

в реальному часі з серверами вводу/виводу (більше 300) і з будь-якими Windows-додатками як на тому ж компютері, так і на видалених вузлах. NETDDE підтримує будь-які стандартні мережі NETBIOS (Ethernet Novell, Token Ring, Arcnet і ін.), а також з'єднання через послідовний порт і зв'язок з Decnet і Tcp/ip.

Intouch є джерелом інформації про хід технологічного процесу для двох Mes систем, увійшовших в Factory Suite - Intrack і Inbatch.

Основним елементом, ядром програми INTACH, є база даних реального часу. База даних містить змінні, якими оперує програма – теги. Теги мають унікальні назви (символьні), які не повторюються. Під час виконання програми виконується ряд задач (Task), які оперують з тегами: зчитують і записують в базу даних (зчитування і запис можуть проводитися періодично в часі або при їх зміні).

Такий підхід може бути використано для розробки методу діагностування млина за його вібраційним станом. Точнішу схему діагностування необхідно буде зробити після проведення експериментальних досліджень вібраційного стану млина з метою вибору найбільш ефективної системи.

На рисунку 5.3 показане вікно, де відображені дані по роботі вертикального валкового млина за період у 48 хвилин. Дана програма дозволяє повернутися до даних, які безпосередньо нам потрібні у роботі над дипломним проектом.

На рисунку 5.4 дані показані більш детально і можливі сформувати вибіку по параметрам вібрації.



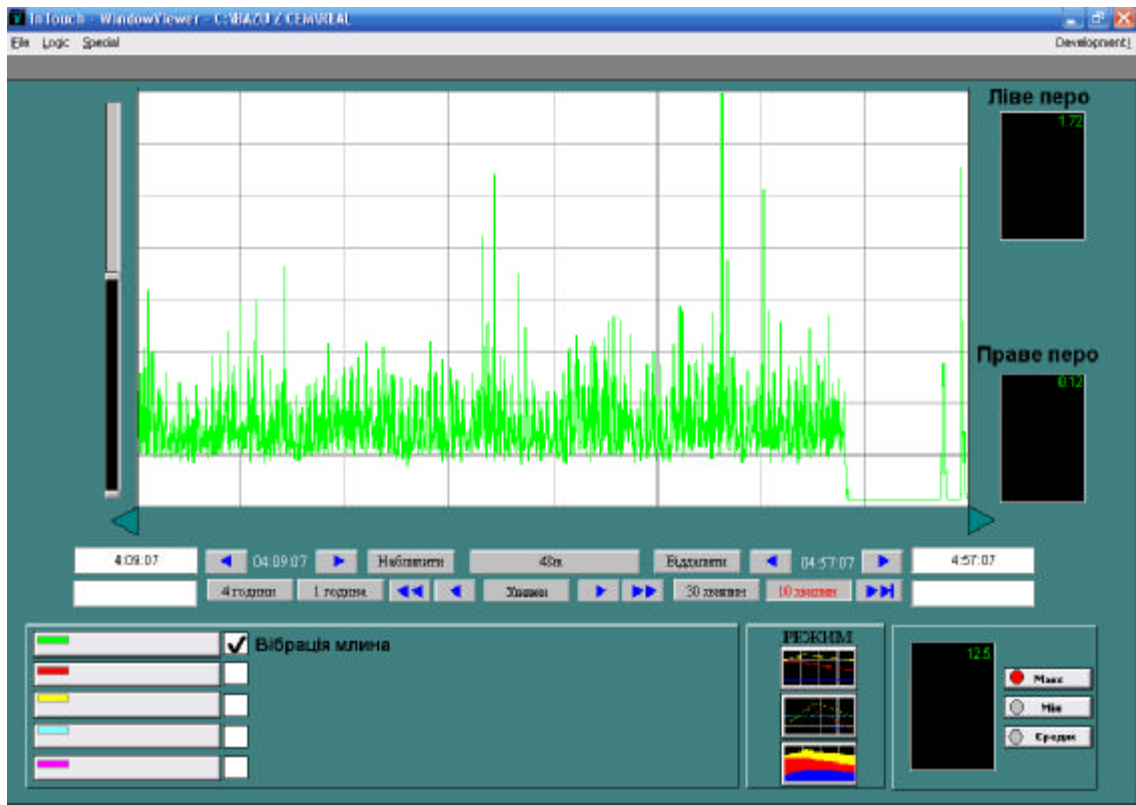


Рисунок 5.3 - Відображення даних по вібрації

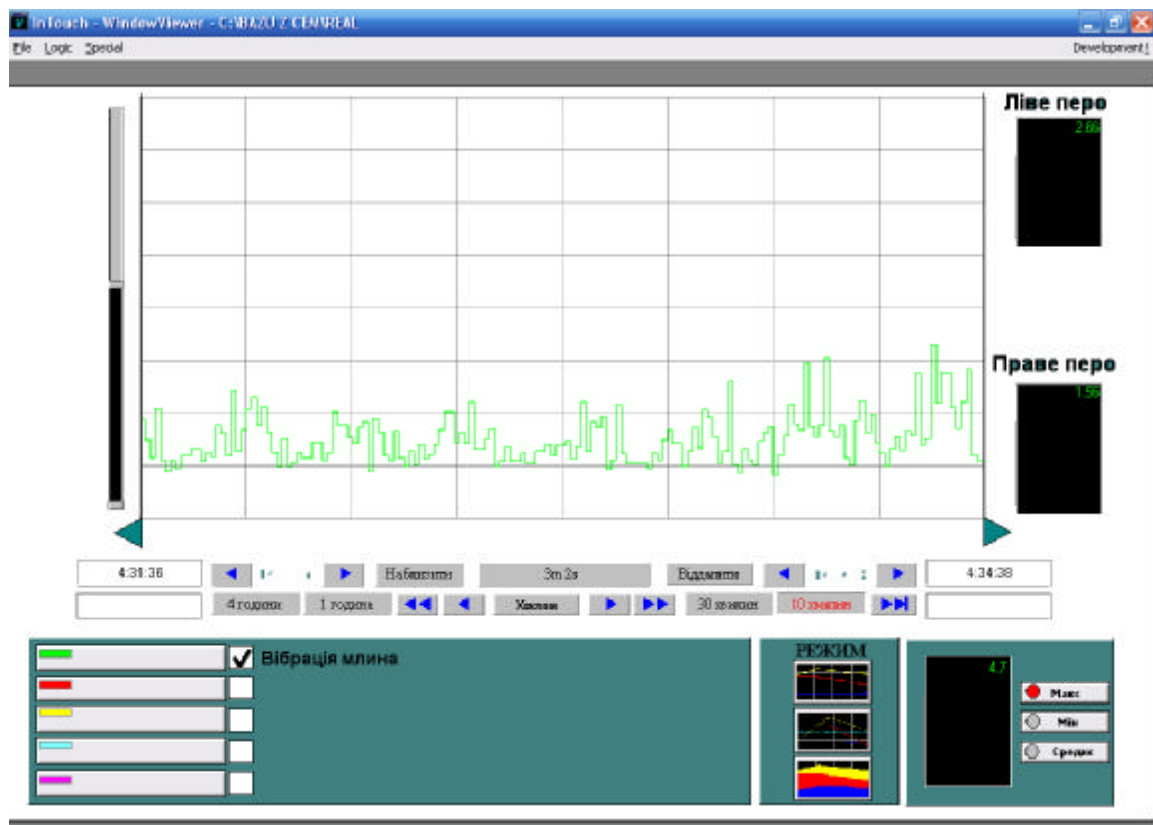


Рисунок 5.4 - Детальна картина по даних із давачів вібрації

Для всіх систем SCADA характерні наступні функції:

- створення мнемосхем з допомогою графічного редактора та їх анімація;

- збір даних з контролерів;

- архівація даних у вигляді графіків (тренди).

Комп'ютер з встановленою системою SCADA обмінюється інформацією з віддаленими термінальними засобами. Віддалений термінальний засіб є мікропроцесорним приладом (контролером), який використовується для збору, контролю і керування аналогових і дискретних сигналів і виконання дистанційних команд, отриманих від SCADA. Потік даних між супервізором і контролером здійснюється через промислові мережі з різноманітними протоколами.

Програма, виконана в середовищі SCADA INTACH може виконувати наступні функції:

- збір даних і керування технічними засобами автоматизації;

- візуалізація процесу, керування та нагляд;

- керування даними в реальному часі (база даних реального часу);

- збір і обробка аварійно-попереджувальної сигналізації;

- передача даних по локальній мережі підприємства.

Даний програмний пакет концерну WONDERWARE, простий і потужний засіб розробки програм візуалізації і керування в режимі реального часу, порівняно з гаммою існуючих продуктів має наступні характерні риси:

- орієнтація на 32-х розрядні операційні системи PC (Windows 95-98, NT), сумісність з протоколами Microsoft (DDE і OLE обмін);

- графічний моніторинг (мнемосхеми) і контроль;

- модульна, багатозадачна структура програми;

- впровадження WEB- функцій і доступу з всесвітньої мережі Internet;

- база даних змінних (тегів) реального часу;

- вбудовані мови програмування високого рівня: для анімації графічних об'єктів – Visual Basic, для математичної обробки – Math&Logic (C++);

- підтримання найпоширеніших протоколів різноманітних фірм виробників контролерів (Siemens, Telemecanique, Modicon та ін.).

Основним елементом, ядром програми INTACH, є база даних реального часу. База даних містить змінні, якими оперує програма – теги. Теги мають унікальні назви (символьні), які не повторюються. Під час виконання програми виконується ряд задач (Task), які оперують з тегами: зчитують і записують в базу даних (зчитування і запис можуть проводитися періодично в часі або при їх зміні).

Таким чином, можна стверджувати, що робота програми – це сукупність роботи ряду задач, кожна з яких виконує певну функцію :

Edi - зчитування і запис тегів в пам'ять контролера;

Scaling&DeadBanding - масштабування і перевід тегів в інженерні одиниці;

Recipe - створення бінарних файлів з записаними значеннями тегів;

Report Generator - формування рапортів довільної форми у файл (ASCII);

Data Logger - формування і робота трендів;

Math&Logic - математичні дії і обробка тегів, логіка;

Run-time monitor & Graphics - представлення графічних анімованих мнемосхем (з допомогою Visual Basic);

Alarming – відображення та архівування аварійних повідомлень;

File Manager - операції і доступ з INTACH до файлів;

Relational Database Historians - доступ до записів в базі даних реального часу, напряду з реляційних баз даних (Oracle, DbaseIV, Access), і інші.

Такий підхід може бути використано для розробки методу діагностування млина за його вібраційним станом. Точнішу схему діагностування необхідно буде зробити після проведення експериментальних

досліджень вібраційного стану млина з метою вибору найбільш ефективної системи, що виходить за рамки даної роботи.

В даному напрямі методи віброакустичної діагностики досягли найбільшого розвитку. Вітчизняний і зарубіжний досвід показує, що введення засобів діагностики є економічно виправданим. Відомо, що вчасно виконані ремонтні роботи зменшують можливість виробничих травм, кількість раптових відмов устаткування, що відповідно зменшує час зупинки виробничих ліній.

## 6 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Охорона праці

6.1.1 Аналіз потенційних небезпек і шкідливостей виробничого середовища

Потенційну небезпеку для працюючих можуть становити несприятливі метеорологічні умови, недостатня освітленість, шум, ультразвук, вібрація, електричний струм, електромагнітні поля, іонізуючі та теплові випромінювання та інші шкідливі фактори.

До працівників шкідливих професій можна віднести чергових інженерів та операторів, які працюють в умовах підвищеного шуму та вібрацій.

В процесі помолу вугілля, випалення клінкеру виникають такі потенційні небезпеки як висока температура в млині, яка досягає значень 800-900 °С, що викликає підвищення температури повітря у приміщеннях, де працює персонал, а також випромінювання шкідливого інфрачервоного випромінювання.

Млин приводиться в дію електричним двигуном значної потужності, який, по-перше випромінює низькочастотне електромагнітне випромінювання, а також при неякісному заземленні у випадку неполадок може спричинити ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу.

Характеристика деяких з потенційно небезпечних факторів та характеристика шкідливих речовин при помолу вугілля та випалення клінкеру наведена в таблицях 6.1 і 6.2.

Метеорологічні умови на робочому місці визначаються передусім клімато-географічними особливостями місцевості. Шкідливі виробничі фактори: підвищена або понижена температура в робочій зоні, підвищений рівень шуму та вібрації в виробничому приміщенні.

Деякі виробничі процеси супроводжуються значним шумом та вібраціями. Розвиток техніки, ріст потужності і швидкості машин,

механізація виробничих процесів призводить до збільшення вібрації і шуму . При високому рівні гучності шум шкідливо впливає на нервову систему людини і її органи слуху, що викликає роздратування, втому, послаблення уваги, зниження роботоздатності і глухість. Це приводить до нещасних випадків і до значного зниження продуктивності праці.

Вібрація та механічні трясіння характеризуються періодичними коливаннями дозвукової частоти. В багатьох випадках шум і вібрації діють одночасно і з одного джерела.

Таблиця 6.1— Потенційно небезпечні виробничі фактори

Виробничий	Небезпечний фактор	Фактичне значення	Нормативне значення	Характер дії на людину
Млин для помолу вугілля, піч для випалення клінкеру	Шум	$L_p=85$ дБ $F_{с.г.}=63$ Гц	$L_p =99$ дБ $F_{с.г.}=63$ Гц	Роздратування, втома, втрата слуху
	Інфрачервоне випромінювання	$150$ Вт/м <sup>2</sup> в діапазоні	$100$ Вт/м <sup>2</sup> в діапазоні 700нм-1мм	Загальна втома, головний біль
	Електростатичне поле	5кВ/м	20-60 кВ/м	Загальна втома, головний біль
	Яскравість	$25$ кД/м <sup>2</sup> (0 Гц)	не більше 35 кД/м <sup>2</sup>	втома очей

Таблиця 6.2 — Характеристики шкідливих речовин

Назва речовини	Граничнодопустима концентрація речовини, мг/м <sup>3</sup>		Перша допомога при отруєнні
	В робочій зоні	Середньодобова в атмосфері населених пунктів	
Вугільний пил	40	—	Свіже повітря, тепло, 20-30 крапель валер'яни
Оксид вуглецю	20	0,05	Свіже повітря, тепло, дезінфекція, промивання

Для боротьби з шумом та вібрацією приймають захисні заходи при будівництві об'єктів (використовують звукопоглинаючі матеріали), особливо при будівництві операторних та щитових, при проектуванні і їх експлуатації (усунення причин шуму або послаблення його в джерелі).

При встановленні, налагоджуванні і експлуатації системи контролю екологічних параметрів існує потенційна небезпека отримання травм, ураження електричним струмом, отруєння природнім газом чи продуктами його згорання.

Основними причинами одержання травм працівниками є :

— недотримання вимог і правил техніки безпеки при монтажі, налаштуванні і експлуатації системи контролю екологічних параметрів;

— поява напруги на відключених струмопровідних частинах, де працюють люди, внаслідок помилкового ввімкнення;

— випадкове ввімкнення обладнання на якому виконуються роботи.

Основними заходами попередження нещасних випадків є:

— дотримання працівниками вимог техніки безпеки;

- виконання всіх робіт згідно регламентів;
- захисне заземлення і занулення установок і агрегатів;
- використання тільки сертифікованих матеріалів при монтажі системи.

### 6.1.2 Забезпечення нормальних умов праці

Забезпечення нормальних умов праці забезпечується раціональним розміщенням виробничих та допоміжних будов та споруд, правильним вибором території для розміщення обладнання, розробкою та впровадженням заходів по створенню умов праці згідно вимог нормативних документів.

Для створення необхідних умов праці слід вибрати способи нормалізації метрологічних умов на робочому місці, розглядаючи їх як фактор виробничого середовища. Несприятливі метеорологічні умови можуть бути причиною нещасних випадків. При зависокій температурі повітря знижується увага, з'являється квапливість і необачність; при низькій - зменшується рухомість кінцівок внаслідок інтенсивної тепловіддачі організму. Крім того, на тепловіддачу організму впливає відносна вологість повітря, яка при температурі 18 °С повинна знаходитись в межах від 35 до 70%. При меншій вологості повітря вважається сухим, при більшій – з підвищеною вологістю. Це негативно впливає на організм людини. Сухе повітря приводить до підвищеного випаровування і, внаслідок цього, з'являється сухість слизових оболонок і шкіри. Занадто вологе повітря, навпаки, ускладнює випаровування.

Значення метрологічних умов у робочих приміщеннях подані в таблиці 6.3.

Одним із головних засобів для створення нормальних метрологічних умов в робочій зоні є вентиляція, її призначення - це забезпечення чистоти повітря та заданих метрологічних умов в повітрі робочої зони. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря із приміщення та подачею в нього свіжого повітря. По способу переміщення повітря вентиляція може бути природною та механічною.



Важливим фактором забезпечення нормальних умов праці є виробниче освітлення. Воно знижує втому, сприяє підвищенню продуктивності праці та якості продукції, що випускається. Виробниче освітлення при правильному проектуванні повинно забезпечити безпеку праці та понизити травматизм на виробництві. Характеристика виробничого освітлення представлена в таблиці 6.4.

Таблиця 6.3 — Оптимальні значення метрологічних умов в робочих зонах виробничих приміщень

Характеристика приміщення	Категорія важкості робіт	Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Цех для помолу вугілля	Середньої важкості	Холодний	18-20	40-60	0,2	
		Теплий	21-23	40-60	0,3	
	IIa	Холодний	16-18	40-60	0,3	
		Важка	Теплий	18-20	40-60	0,4
			IIIa			

Таблиця 6.4 — Характеристика штучної освітленості робочих місць

Назва приміщення	Розряд зорової роботи	Освітленість, лк				Тип світильників
		загальна	комбінована	аварійна	евакуаційна	
Цех для помолу вугілля	VIII	70	200	8	0,2	ВЗГ-200М

### 6.1.3 Розрахунок вентиляції в цеху для помолу вугілля

Системи опалення і системи кондиціонування розташовуються так, щоб ні тепле, ні холодне повітря не спрямовувалось на людей. На виробництві рекомендовано створювати динамічний клімат з визначеними перепадами показників. Температура повітря на поверхні підлоги і на рівні середнього людського зросту не повинна відрізнятися більш, ніж на 5°C. У виробничих приміщеннях, крім природної вентиляції, передбачають притічно-витяжну вентиляцію. Основним параметром, що визначає характеристики вентиляційної системи, є кратність обміну, тобто скільки разів в годину переміниться повітря в приміщенні.

Далі наведено розрахунок потрібної вентиляції цеху для помолу вугілля. Вихідними даними є:

$V_{вент}$  — об'єм повітря, необхідний для обміну;

$V_{приміщення}$  — об'єм робочого приміщення.

Для розрахунку прийнято наступні розміри робочого приміщення:

довжина  $B = 9,3$  м;

ширина  $A = 7,2$  м;

висота  $H = 6$  м.

Відповідно, об'єм приміщення дорівнює:

$$\begin{aligned} V_{приміщення} &= A * B * H, \\ V_{приміщення} &= 9,3 * 7,2 * 6 = 402(м^3). \end{aligned} \quad (6.1)$$

Необхідний для обміну об'єм повітря  $V_{вент}$  визначимо, виходячи з рівняння теплового балансу:

$$V_{вент} * C(t_{внт} - t_{прт}) * Y = 3600 * Q_{надл}, \quad (6.2)$$

де:  $Q_{надл}$  - надлишкова теплота (Вт);  $C=1000$  Дж/кгК – питома теплопровідність повітря;  $Y=1,2$  мг/см<sup>3</sup> – густина повітря.

Температура повітря, що витікає з приміщення, визначається за формулою:

$$t_{\text{внут}} = t_{p.m.} + (H - 2) * t, \quad (6.3)$$

де:  $t = 1-5 \text{ }^\circ\text{C}$ - збільшення  $t$  на 1м висоти приміщення;  $t_{p.m.} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  – необхідна температура на робочому місці;  $H = 6 \text{ м}$  – висота приміщення;  $t_{\text{приток}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура притічного повітря, підігрітого в калорифері.

$$t_{\text{внут}} = 25 + (6 - 2) * 2 = 33$$

$$Q_{\text{надл}} = Q_{\text{надл.1}} + Q_{\text{надл.2}} + Q_{\text{надл.3}}, \quad (6.4)$$

де:  $Q_{\text{надл.1}}$  - надлишок тепла від електроустаткування і освітлення:

$$Q_{\text{надл.1}} = E * p, \quad (6.5)$$

де:  $E$  – коефіцієнт втрат електроенергії на тепловідвід ( $E=0,55$  для освітлення);  
 $p$  – потужність,  $p = 40 \text{ Вт} * 15 = 600 \text{ (Вт)}$ .

$$Q_{\text{надл.1}} = 0,55 * 600 = 330 \text{ (Вт)}$$

$Q_{\text{надл.2}}$  - теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{\text{надл.2}} = m * S * k * Q_c, \quad (6.6)$$

де:  $m$  - число вікон, прийmemo  $m=4$ ;  $S$  – площа вікна,  $S = 1,8*4=7,2 \text{ (м}^2\text{)}$ ;  $k$  – коефіцієнт, що враховує заскління.

Для подвійного заскління (береться подвійна, оскільки в операторному залі використовуються пластикові вікна, що по рівню теплоізоляції можна порівняти до подвійно заскленних вікон);  $k=0,6$ ;

$Q_c = 127 \text{ Вт/м}^2$  – теплонадходження від вікон.

$$Q_{\text{надл.2}} = 7,2 * 4 * 0,6 * 127 = 2195 \text{ (Вт)}$$

$Q_{\text{надл.3}}$  - тепловиділення людей

$$Q_{\text{надл.3}} = n * q, \quad (6.7)$$

де:  $q = 80 \text{ Вт/люд}$ ;  $n$  – кількість людей, наприклад,  $n=3$ ;

$$Q_{\text{надл.3}} = 3 * 80 = 240 \text{ (Вт)}$$

$$Q_{\text{надл}} = 330 + 2195 + 240 = 2765 \text{ (Вт)}$$

З рівняння теплового балансу випливає:

$$V_{\text{вент}} = \frac{3600 * 2765}{1000 * (33 - 18)} = 664(\text{м}^3).$$

Оптимальним варіантом є кондиціонування повітря, тобто автоматична підтримка його стану в приміщенні відповідно до визначених вимог (задана температура, вологість, рух повітря) незалежно від зміни стану зовнішнього повітря і умов в самому приміщенні.

## 6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

### 6.2.1 Електромагнітний імпульс ядерного вибуху і захист від нього радіоелектронних засобів

Генератори ЕМІ (супер ЕМІ), як показують теоретичні роботи і проведені за рубежом експерименти, можна ефективно використовувати для виводу з ладу електронної й електротехнічної апаратури, для стирання інформації в банках даних і псування ЕОМ.

За допомогою ЗНСД на основі генераторів ЕМІ можливий вивід з ладу ЕОМ, ключових радіо й електротехнічних засобів, систем електронного запалювання й інших автомобільних агрегатів, чи підірвавши інактивація мінних полів. Вплив цієї зброї досить вибірково і політично цілком прийнятний, однак потрібна точна доставка його в райони поразення.

Незважаючи на визнання військово-політичним керівництвом США і НАТО неможливості перемоги в ядерній війні, різні аспекти вражаючого дії ядерної зброї продовжують широко обговорюватися. Так, в одному з розглянутих іноземними фахівцями сценаріїв початкового періоду ядерної війни особливе місце приділяється потенційної можливості висновку з ладу радіоелектронної техніки в результаті впливу на неї ЕМІ.

Вважається, що підірвавши на висоті близько 400 км тільки одних боєприпасів потужністю більш 10 Мт приведе до такого порушення функціонування радіоелектронних засобів у великому районі, при якому час їхнього відновлення перевищить припустимі терміни для вживання

відповідних заходів.

Теоретичні дослідження і результати фізичних експериментів показують, що ЕМІ ядерного вибуху може привести не тільки до виходу з ладу напівпровідникових електронних пристроїв, але і до руйнування металевих провідників кабелів наземних споруд. Крім того, можлива поразка апаратури, що знаходяться на низьких орбітах.

Для генерації ЕМІ ядерні боєприпаси можуть підриватися в космічному просторі, що не приводить до виникнення ударної хвилі і випаданню радіоактивних опадів. Тому в закордонній пресі виголошуються наступні думки про "неядерний характер" такого бойового застосування ядерної зброї і про те, що удар з використанням ЕМІ не обов'язково приведе до загальної ядерної війни.

Небезпека цих заяв очевидна, тому що одночасно деякі закордонні фахівці не виключають можливість масової поразки за допомогою ЕМІ і живої сили. У всякому разі цілком очевидно, що наводимі під впливом ЕМІ в металевих елементах техніки струми і напруги будуть смертельно небезпечні для особового складу.

#### 6.2.2 Використання імітаторів ЕМІ для набору експериментальних даних

Оскільки збір експериментальних даних при проведенні підземних ядерних випробовувань технічно дуже складний і дорогий, то вирішення набору даних досягається методами і засобами фізичного моделювання.

Імітатори являють собою електрогенератори з спеціальними випромінювачами, що створюють електромагнітне поле з параметрами близькими до тих, що характерні для реального ЕМІ. У зону дії випромінювача поміщається випробовуваний об'єкт і прилади, що реєструють інтенсивність поля, його частотний спектр і тривалість впливу.

В даний час створена і діє велика кількість імітаторів ЕМІ для

випробовувань авіаційної, космічної, корабельної і наземної техніки. Однак вони не повною мірою відтворюють реальні умови впливу ЕМІ ядерного вибуху внаслідок обмежень, що накладаються характеристиками випромінювачів, генераторів і джерел електроживлення на частотний спектр випромінювання, його потужність і швидкість наростання імпульсу.

Разом з тим, і при цих обмеженнях вдається одержати досить повні і надійні дані про появу несправностей у напівпровідникових приладах, збою в їхньому функціонуванні і т.п., а також про ефективність дії різних захисних пристроїв. Крім того, такі випробовування дозволили дати кількісну оцінку небезпеки різних шляхів впливу ЕМІ на радіоелектронну техніку.

Теорія електромагнітного поля показує, що такими шляхами для наземної техніки є насамперед різні антенні пристрої і кабельні введення системи електроживлення, а для авіаційної і космічної техніки - антени, а також струми, що наводяться в обшивці, і випромінювання, що проникають через скло кабін і лючки з неструмопровідних матеріалів.

Струми, що наводяться ЕМІ в наземних і заглиблених кабелях електроживлення довжиною в сотні і тисячі кілометрів, можуть досягати тисяч амперів, а напруга в розімкнутих колах таких кабелів - мільйон вольт. В антенних відведеннях, довжина яких не перевищує десятків метрів, наводимі ЕМІ струми можуть мати силу в кілька сотень амперів. ЕМІ, що проникає безпосередньо через елементи споруджень з діелектричних матеріалів (неекрановані стіни, вікна, двері і т.п.), може наводити у внутрішній електропроводці струми силою в десятки амперів.

Оскільки слабострумові кола і радіоелектронні прилади нормально функціонують при напругах у декілька вольт і струмах силою до декількох десятків міліампер, то для їх абсолютно надійного захисту від ЕМІ потрібно забезпечити зниження величини струмів і напруг у кабелях до шести порядків.

### 6.2.3 Можливі шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ

Ідеальним захистом від ЕМІ було б повне закрите приміщення металевим екраном, в якому розміщена радіоелектронна апаратура. Разом з тим ясно, що практично забезпечити такий захист в ряді випадків неможливо, тому що для роботи апаратури часто потрібно забезпечити її електричний зв'язок із зовнішніми пристроями.

Тому використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки чи плівкові покриття для вікон, стільникові металеві конструкції для воздухозабірників і вентиляційних отворів та контактні пружинні прокладки, розташовувані по периметру дверей і люків.

Більш складною технічною проблемою вважається захист від проникнення ЕМІ в апаратуру через різні кабельні вводи. Радикальним вирішенням даної проблеми міг би стати перехід від електричних мереж зв'язку до практично не підданих впливу ЕМІ волоконно-оптичних.

Однак заміна напівпровідникових приладів у всьому спектрі виконуваних ними функцій електронно-оптичними пристроями можливо тільки у віддаленому майбутньому. Тому в даний час як засоби захисту кабельних вводів найбільше широко використовуються фільтри, в тому числі волоконні, а також іскрові розрядники, металоокисні варистори і високошвидкісні зенеровські діоди.

Усі ці засоби мають як переваги, так і недоліки. Так, ємнісно-індуктивні фільтри досить ефективні для захисту від ЕМІ малої інтенсивності, а волоконні фільтри захищають у відносно вузькому діапазоні надвисоких частот. Іскрові розрядники володіють значною інерційністю й, в основному, придатні для захисту від перевантажень, що виникають під впливом напруг і струмів, що наводяться в обшиваці літака, кожусі апаратури й екрануванні кабеля.

Металоокисні варистори являють собою напівпровідникові прилади, що різко підвищують свою провідність при високій напрузі. Однак, при застосуванні цих приладів, як засобу захисту від ЕМІ, варто враховувати

їхню недостатньо високу швидкодію і погіршення характеристик при кількарізковому впливі навантажень.

Ці недоліки відсутні у високошвидкісних зенеровських діодах, дія яких базується на різкій лавиноподібній зміні опору від відносно високого значення практично до нуля при перевищенні прикладеної до них напруги визначеної граничної величини. Крім того, на відміну від варисторів, характеристики зенеровських діодів після багаторазових впливів високих напруг і переключень режимів не погіршуються.

Найбільш раціональним підходом до проектування засобів захисту від ЕМІ кабельних введів є створення таких роз'ємів, в конструкції яких передбачені спеціальні міри, що забезпечують формування елементів фільтрів і установку вмонтованих зенеровських діодів. Подібне вирішення сприяє одержанню дуже малих значень ємності й індуктивності, що необхідно для забезпечення захисту від імпульсів, що мають незначну тривалість і, отже, потужну високочастотну складову. Використання роз'ємів подібної конструкції дозволить вирішити проблему обмеження масо-габаритних характеристик пристрою захисту.

Складність вирішення задачі захисту від ЕМІ і висока вартість розроблених для цих цілей засобів і методів змушують піти на перших порах по шляху їхнього вибіркового застосування в особливо важливих системах зброї і військової техніки. Першими цілеспрямованими роботами в даному напрямку були програми захисту від ЕМІ стратегічної зброї.

Такий же шлях обраний і для захисту систем, що мають велику довжину керування і зв'язку. Однак, основним методом вирішення даної даної проблеми закордонні фахівці вважають створення так званих розподілених мереж зв'язку (типу "Гвен").

Сучасний стан проблеми ЕМІ можна оцінити в такий спосіб. Досить добре досліджені теоретично і підтверджені експериментально механізми генерації ЕМІ і параметри його вражаючої дії.

Розроблено стандарти захищеності апаратури і відомі ефективні



засоби захисту. Однак, для досягнення достатньої впевненості в надійності захисту систем і засобів від ЕМІ необхідно провести випробовування за допомогою імітатора. Що стосується повномасштабних випробовувань систем зв'язку і керування, то ця задача навряд чи буде вирішена в доступному для огляду майбутньому.

Могутній ЕМІ можна створити не тільки в результаті ядерного вибуху. Сучасні досягнення в області неядерних генераторів ЕМІ дозволяють зробити їх досить компактними для використання зі звичайними і високоточними засобами доставки.

В даний час у деяких західних країнах ведуться роботи з генерації імпульсів електромагнітного випромінювання магнітодинамічними пристроями, а також високовольтними розрядами. Тому питання захищеності від впливу ЕМІ будуть залишатися в центрі уваги фахівців при будь-якому результаті переговорів про ядерне роззброювання.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі був проведений аналіз конструкції вертикального валкового млина MPS і принципу його роботи, який показав, що млин відноситься до складних функціонально насичених динамічних систем, які не мають подібних аналогів у інших галузях промисловості. Однак недоліком цього млина була недосконала система віброконтролю, а це призводить до того, що мають місце відмови в роботі млина. В результаті чого була вдосконалена система віброконтролю валкового млина „Pfeifer”, яка відповідає вимогам, що були поставлені при формулюванні постановки завдання.

Система діагностування млина реалізована на використанні вібродіагностичних та параметричних методах діагностування. Вона дозволяє визначати стан млина по вібраційних показниках.

Результатом роботи стало створення структурної схеми системи віброконтролю млина. Розроблена схема розміщення датчиків вібрації відносно млина. Проведено підбір та обґрунтування елементної бази.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Науково-технічна проектна документація. Як виробляють цемент.  
- Режим доступу: [http://melnicabiz.com.ua/kak\\_proizvodyat/15\\_kak\\_proizvodyat\\_tsement.html](http://melnicabiz.com.ua/kak_proizvodyat/15_kak_proizvodyat_tsement.html)

2 Компетентность в цементной промышленности. Каталог продукции фирмы GEBR. PFEIFFER AG. – Режим доступу <https://jcement.ru/reading/stages/pomol/gebr-pfeiffer-ag-pomolnoe-oborudovanie-kompanii-gebr-pfeiffer-ag/>

3 Балицкий Ф. Я. Классификация технических состояний машин по характерным признакам./ Балицкий Ф. Я., Соколов А. Г., Хомяков Е. И. – К.: УМ КВО, 1991. – 372 с.

4 Баронс П. П. Надежность и качество механических систем./ Баронс П. П., Звиедрис А. В., Солениекс Н. К.– Рига: Авотс, 1982, с. 85.

5 Белинская Ю. П. Разработка и исследование автоматизированной системы диагностирования шахтной водоотливной установки. - Режим доступу: [www.masters.donntu.edu.ua](http://www.masters.donntu.edu.ua)

6 Балицкий Ф. Я. Современные средства и методы вибрационной диагностики машин и конструкций / Международный центр научной и технической информации // Балицкий Ф. Я., Генкин М. Д., Иванова М. А., Соколов А. Г., Хомяков Е. И./ - М.: Институт машиностроения им. А. А. Благоднарова АН СССР, 1990.

7 Генкин М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. / Генкин М.Д., Соколова А.Г./ – М.:Машиностроение,1987.- 288 с.

8 Баркова Н.А. Виброакустические методы диагностики СЭУ. Учебная помощь. – Л.: Изд.Ленинградского судостроительного института. 1986г.

9 Яблоков А. Е. Выбор места установки датчиков при вибродиагностике вальцовых станков – М.: Компания Спутник, 2000.

10 Средства автоматизации технологических процессов. Каталог продукции фирмы “SIEMENS”.- Режим доступа: <https://www.siemens-pro.ru/catalogues/catalogues.htm>

11 Замиховський Л.М. Основи надійності та технічної діагностики. Методичні вказівки. - Івано – Франківськ , 1998р.

12 Денисенко Г.Ф. Охрана труда.- М.: Высшая школа,1985.