

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на Розробка та дослідження системи бортового контролера з
тему: функціями оперативного моніторингу механічних коливань

Виконав: студент (ка) 6 курсу груп К
_____, _____ і Тм-61
спеціальності _____ (напряму 151
підготовки) Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Войцехівський Д.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Добротвор І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Левицький В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Марущак П.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В дипломному проекті розроблено систему бортового контролера з функціями оперативного моніторингу механічних коливань за допомогою переносних портативних аналізаторів.

Вона дозволяє проведення аналізу спектрів вібрації і її часових реалізацій на місці експлуатації об'єкта контролю, проводити відразу оцінку технічного стану підшипників, агрегатів і визначати їхні дефекти.

Аналізатор дає можливість переглядати й аналізувати спектри вібрації за допомогою основних і бічних курсорів, порівнювати спектри вібрації між собою і виявляти їхньої відмінності. Несправності машин визначаються користувачем по діагностичних словниках.

Для рішення задач діагностики необхідний контроль фази коливань, тому аналізатор містить датчик оборотів валу. Двочанальний аналізатор дозволяє для діагностики використовувати кореляційний аналіз коливань, взаємні спектри і функцію когерентності. Діагностика здійснюється по діагностичних словниках. Система не вимагає підготовки кваліфікованого персоналу і часу на визначення причин підвищеної вібрації.

Напівстаціонарна система моніторингу і діагностики реалізується на базі бортової ЕОМ з поділом функцій збору даних на місці й обробки їх у процесорному комплекті бортової системи.

ЗМІСТ

Анотація	
Завдання на дипломне проектування.....	
Зміст.....	
Вступ.....	
1. Аналітична частина	
1.1 Практичний підхід до аналізу стану машин зворотно-поступальної дії.....	
1.1.1 Аспекти аналізу та діагностики ДВЗ та ходової частини автомобіля.....	
1.1.2 Засоби контролю і корисна інформація.....	
1.1.3 Аналіз робочих характеристик.....	
1.1.4. Аналіз стану ДВЗ.....	
1.1.5. Оцінка робочих характеристик	
1.1.6. Поршневі компресори.....	
1.2. Виявлення дефектів підшипників кочення за допомогою аналізу вібрації	
2. Технологічна частина.....	
2.1 Системи моніторингу і діагностики машин	
3. Конструкторська частина	
3.1 Стандарти ISO/TC 108 в області діагностики машинного устаткування.....	
3.2 Вибір засобів діагностування та давачів.....	
3.2.1 Засоби частотного аналізу вібрацій контролю зносу підшипників і дисбалансу осей.....	
3.2.2 Датчики інжекторних і карбюраторних автомобілів.....	
3.3 Бортовий комп'ютер з автозапуском двигуна.....	
3.3.1 Функції бортового комп'ютера БК.....	
3.3.2 Опис алгоритму роботи режиму «АВТОЗАПУСК».....	

4 Науково-дослідна частина.....	
4.1 Застосування методу огинаючих для діагностики механічних вузлів устаткування.....	
5 Спеціальна частина.....	
5.1 Протокол обміну по K-Line із блоком електронного блоку керування (ЕБК)	
5.2Протокол передачі.....	
5.3 Настроювання режиму передачі для обміну.	
5.4 Команди монітора обміну.	
5.5 Формати команд і відповідей на них великого і малого монітора.....	
6. Обґрунтування економічної ефективності.....	
6.1 Мета дослідження проекрованої технічної системи.....	
6.2 Техніко-економічні параметри проекрованої системи діагностики.....	
7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	
7.1 Навчання працюючих та інструктажі з охорони праці.....	
7.2 Правила техніки безпеки при експлуатації обладнання, що проектується.....	
7.3 Вплив кольору на покращення умов праці і підвищення продуктивності праці.....	
8 Екологія.....	
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.....	
8.2 Шкідливі викиди, що виникають при виготовленні основних деталей приладу (гальванопроекти).....	
8.3 Заходи щодо усунення шкідливих викидів.....	
ВИСНОВОК	
Перелік посилань	

ВСТУП

При аналізі вібрації більш-менш складного механізму корисно розглянути джерела вібраційної енергії і шляху, по яких ця енергія передається усередині машини. Енергія завжди рухається від джерела вібрації до поглинача, у якому вона перетворюється в тепло. Іноді цей шлях може бути дуже коротким, однак в інших ситуаціях енергія може подорожувати на великі відстані, перш ніж поглинеться.

Найважливішим поглиначем енергії машини є тертя. Розрізняють тертя ковзання і в'язке тертя. Тертя ковзання виникає унаслідок відносного переміщення різних частин машини друг щодо друга. В'язке тертя створюється, наприклад, плівкою масляного змащення в підшипнику ковзання. Якщо тертя усередині машини мало, то її вібрація звичайно велика, тому що через відсутність поглинання енергія вібрацій накопичується. Наприклад, машини з підшипниками кочення, називаними іноді антифрикційними, звичайно вібрують сильніше, ніж машини з підшипниками ковзання, у яких змащення діє як значний поглинач енергії. Поглинанням енергії вібрацій унаслідок тертя розуміється також застосування в авіації заклепок замість зварених з'єднань: клепані з'єднання випробують невеликі переміщення один відносно іншого, завдяки чому поглинається енергія вібрацій. Тим самим запобігається розвиток вібрації до руйнівних рівнів. Подібні конструкції називають сильно демпфованими. Демпфірування - це, власне кажучи, міра поглинання енергії вібрацій.

Часова реалізація вібрації несе в собі велика кількість інформації, що для неозброєного ока непомітна. Частина цієї інформації може приходиться на дуже слабкі компоненти, величина яких може бути менше, ніж товщина лінії графіка. Проте подібні слабкі компоненти можуть бути важливі для виявлення несправностей, що розвиваються, у машині, наприклад, дефектів підшипників. Сама суть діагностики й обслуговування по стані, полягає а раннім виявленні несправностей, що зароджуються, тому, необхідно звертати увагу і на надзвичайно малі рівні вібраційного сигналу.

Перш ніж приступити до процедури виконання спектрального аналізу давайте глянемо на різні типи сигналів, з якими нам має бути працювати.

З теоретичної і практичної точок зору можна розділити сигнали на кілька груп. Різним типам сигналів відповідають різні типи спектрів, і щоб уникнути помилок при виконанні частотного аналізу, важливо знати характеристики цих спектрів.

1. Аналітична частина

1.1. ПРАКТИЧНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СТАНУ МАШИН ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНОЇ ДІЇ

До машин зворотно-поступальної дії відносяться двигуни внутрішнього згоряння, поршневі компресори, насоси й ін. Грамотна організація контролю за їхнім станом може на 15 % скоротити витрату палива, на 30 % зменшити витрати на технічне обслуговування і до 25 % підвищити продуктивність роботи за допомогою підвищення надійності. і коефіцієнта готовності.

При аналізі роботи машин зворотно-поступальної дії (далі по тексту прийняте скорочення: ДВЗ- двигуни внутрішнього згоряння, але варто мати на увазі, що опис стосується всіх машин даного типу (поршневих компресорів, насосів і ін.)) звичайною проблемою є розуміння природи "шуму", що спостерігається на екрані комп'ютера, а також того, чому поведження даних у часі настільки хитливо. Однак деякі компанії домоглися значного зниження витрат на обслуговування і підтримку працездатності подібного устаткування. Уся справа полягає в підходах до аналізу стану устаткування.

Перш ніж приступити до будь-якої програми аналізу, необхідно проаналізувати три її ключових елементи, це: інструментарій і власне програма.

Аналіз стану ДВЗ вимагає, як правило, застосування спеціального, вузько цільового інструментарію. Однак, і з інструментом, що уже є у вашому розпорядженні, можна дещо зробити для якісного аналізу і правильних висновків.

Але в будь-якому випадку, ключем до успішного виконання програми аналізу є чітка організація робіт.

1.1.1 Аспекти аналізу та діагностики ДВЗ та ходової частини автомобіля

Звичайно ті, хто у своїй роботі мав справу з аналізом ДВЗ, покладали дуже великі надії на аналіз сигналів у частотній області. Подивимося, для яких вузлів

ДВЗ ми і справді можемо скористатися аналізом спектрів. Деякі з них приведені в табл.1

Таблиця 1. 1 Перелік вузлів діагностування

Вузли, стан яких можна аналізувати за допомогою спектрального аналізу сигналів
<ul style="list-style-type: none">- дисбаланс колінчатого вала;- нерівноваженість поршнів;- нерівноваженість крутильних коливань;- неспіввісність;- ослаблення з'єднань;- масляні і водяні насоси;- турбіни, вентилятори, нагнітачі;- зубчасті передачі;- підшипники ковзання;- масляні вихри і зривні явища в масляному клині підшипників ковзання.

Але як бути з багатьма іншими елементами, такими як поршневі кільця, пальці і т.д.? При аналізі сигналів у частотній області ефекти впливу цих елементів губляться в шумі, генерованому ДВЗ.

У табл.2 зазначені деякі доводи, що підтверджують необхідність зайнятися іншими видами аналізу ДВЗ крім спектрального.

Таблиця 1.2 Актуальність діагностики вузлів і механізмів автомобіля

Причини доцільності використання програм аналізу роботи машин зворотнопоступальної дії
--

- щорічні витрати на капітальний ремонт устаткування занадто великі;
- навіть при гарній програмі технічного обслуговування приходиться виконувати великий об'єм ремонтних у випадку аварійного виходу вузла з ладу;
- ДВЗ часто використовуються в системах аварійного життєзабезпечення і постачання, тому їхня надійність дуже важлива;
- звичайний ремонт занадто дорогий;
- передчасні руйнування істотно зменшують прибуток від використання;
- збільшення персоналу для багатьох компаній стають критичним при експлуатації подібних машин.

Більш логічним для ДВЗ представляється аналіз поведження в часовій області. У минулому, при обслуговуванні таких машин, робота їхніх вузлів (моменти запалювання, відкриття клапанів, упорскування палива і т.д.) прив'язувалася до кута повороту колінчатого вала. Для таких спостережень можуть бути використані спеціальні аналізатори, осцилографи і збирачі даних із зовнішнім запуском. Момент запуску аналізу для них визначається якимнебудь характерним моментом часу в циклі дії машини, жорстко зв'язаним з кутом повороту колінчатого вала.

Аналіз ДВЗ може включати аналіз потужності двигуна, максимального тиску в циліндрах, характеристик запалювання, пульсації акустичних хвиль, продуктивності, витрати палива, часток зносу поршневих пальців, циліндрів, свіч, кілець, отворів клапанів, впускних клапанів і багатьох інших елементів.

Для того, щоб провести аналіз у часовій області використовують оптичний чи індукційний датчик синхронізації, що видає імпульс у момент проходження колінчатим валом, верхньої мертвої точки силового циліндра чи двигуна робочого циліндра поршневого компресора, відповідно.

Найбільше часто аналіз у часовій області застосовується для контролю моментів запалювання, і інших характерних процесів, зв'язаних з роботою

двигунів (2-х і 4-х тактних), компресорів, поршневих насосів, а також пульсацій у трубопроводах, рідинних чи газових.

Тут варто зробити наступне зауваження. При аналізі стану вузлів ДВЗ особливо важливо враховувати їхню навантаженість. Якщо навантаження складає менш 80 % від максимальної, оцінку основних параметрів роботи машини одержати не можна, а діагностичний аналіз дасть занадто багато помилок, що не дозволить зробити вірні висновки про стан машини.

Якщо мова йде про двигун, не слід намагатися підвищити його навантаження, закриваючи паливні чи клапани паливні інжектори. І в тому, і в іншому випадку це приведе до зміни тиску чи рідини газу в трубопроводах, зв'язаних з іншими клапанами. Як наслідок, у циліндри буде надходити інша кількість палива, і їх робота стане незбалансованою.

1.1.2 Засоби контролю і корисна інформація

Дуже цінною інформацією є дані про зміни в роботі машини протягом деякого часу (її "історія"). Таку "історію" можна одержати в результаті спостережень за станом змащення, палива, води, газу, зміною температури і тиску. Число оборотів у хвилину допомагає визначити вихідну потужність вузла, тобто його навантаження.

Майже всі засоби, використовувані для контролю, мають електромеханічний принцип дії. Імовірно, найбільше часто використовуваним приладом є пірометр. Пірометр дозволяє здійснювати загальне спостереження за процесом згоряння в циліндрі, але, на жаль, багато хто використовує пірометр із метою регулювання надходження палива в циліндр. Це некоректний спосіб регулювання і, до того ж, небезпечний, оскільки ви можете створити надлишок палива в тих циліндрах, де вже існує небезпечний рівень згоряння.

Іншими загальноживаними засобами вимірів є датчики пікового тиску. Ці пристрої являли собою першу спробу відображати середнє значення тиску в циліндрах двигуна за допомогою стрілочного індикатора. Та ж величина могла б бути обмірювана й у циліндрах компресора, однак вона дуже мала, оскільки на

усмоктуванні і виході тиск не змінюється настільки різко, як у циліндрах двигуна.

Безсумнівну цінність, як засіб спостереження за поршневими двигунами і компресорами представляє аналіз мастила. Періодичність і тип аналізу визначаються видом двигуна і тривалістю його роботи. Наприклад, чотиритактний двигун вимагає більш частого контролю внаслідок підвищеного змісту в мастилi вугільних часток. Для спостереження за змістом часток зносу деталей двигуна використовується спектрографічний аналіз чи феррографія. Якщо аналізу мастила і справді приділяється значне місце в програмі технічного обслуговування, велику увагу варто приділяти також таким факторам як місце узяття проби, чистота маслзбірника і частота заміни олії.

Іншим джерелом інформації є виміри витрати палива. Однак такий аналіз може повідомити вам лише про те, які вузли мають підвищену витрату палива, але не скаже, яким образом і чому це відбувається.

Історично аналіз роботи ДВЗ проводиться за допомогою осцилографа, запуск лучачи якого синхронізований з яким-небудь моментом у циклі їхньої дії. Осцилограф може допомогти при визначенні технічного стану машини, але не дає інформації про експлуатаційні характеристики і зміни в стані її елементів. Більш точну і докладну інформацію можна одержати за допомогою спеціальних аналізаторів; однак вони досить дорогі і їхнє застосування невиправдане, якщо компанія має небагато ДВЗ, стан яких потрібно контролювати. Але багато хто з цих компаній мають пристосування для аналізу обертального руху. Їх можна використовувати, якщо за умови синхронізованого запуску з циклом дії машини за допомогою спеціальних пристроїв, призначених для цих цілей і наявних у розпорядженні. Коли такі пристрої використовуються при аналізі в часовій області чи для проведення порядкового аналізу, усі характерні моменти в кожному циклі дії машини можуть бути відтворені на екрані (градування, горизонтальної осі в мілісекундах чи значеннях фазового кута).

Ще одним корисним інструментом є аналізатор вихлопних газів і ультразвуковий течешукач. Останній дає нам можливість за допомогою простого

фільтра відокремити високочастотні процеси, зв'язані з циклом дії машини, від високочастотного механічного шуму і шуму газових потоків.

1.1.3 Аналіз робочих характеристик

Насамперед, необхідно мати деякі мінімальні відомості, на підставі яких можна зробити визначені висновки.

Нам необхідно знати, які процеси зв'язані з циклом дії машини і їхню прив'язку до кута повороту колінчатого вала для кожної з досліджуваних машин: двигуна (2-х чи 4-х тактного), компресора (одно - чи двосторонньої дії) чи насоса (поршневого типу). Нам необхідно знати "історію" машини - відомості про те, які характеристики були в машини в минулому просто не оцінені. Для аналізу двигунів і устаткування з запалюванням від іскри важливо мати відомості про електричну частину машини, включаючи тип системи запалювання. Інша важлива інформація стосується того, як вузли машини виявляли себе до початку впровадження програми аналізу.

Для проведення будь-якого аналізу необхідно мати інформацію про об'єкт дослідження. Для ДВЗ- це дані про об'єм циліндра, ходу поршня, довжини шатуна, радіуса кривошипа, числа оборотів в одиницю часу, робочий цикл двигуна (моменти початку всіх процесів, пов'язаних з роботою 2-х- чи 4-х тактного двигуна, кути повороту колінчатого вала, по відношенню щодо деякої початкової точки) і порядку роботи циліндрів. Для поршневих компресорів у ці дані входять діаметр циліндра, хід поршня, тиск на всмоктуванні і тиск на виході, величина зазорів і навантаження на штовхач. На мал. 1.1 показана типова інформація, надана виготовлювачами двигунів.

**Рабочий цикл типичного 2-х тактного двигателя
(взгляд со стороны махового колеса)**



Рисунок 1.1 Типова інформація, надана виготовлювачем.

1.1.4 Аналіз стану ДВЗ

Процедури аналізу повинні бути побудовані так, щоб у процесі проведення аналізу можна було визначати наявні в машині проблеми в їхній логічній послідовності.

ДВЗ звичайно бувають 2-х типів: із samozапалюванням (дизельні) і з запалюванням від іскри (карбюраторні). Очевидно для дизельних двигунів, де запалення від іскри не використовується, в аналізі роботи системи запалювання немає необхідності. Проте варто мати на увазі, що, хоча в дизельному двигуні і не використовується запалювання, керування процесом запалення здійснюється вибором кута упорскування палива, тому для дизельного двигуна мають місце всі ті ж проблеми, зв'язані зі згорянням палива в циліндрах.

Аналіз системи запалювання припускає розгляд первинного і вторинного ланцюгів. Як правило, використовуються системи двох типів. Перша - індуктивна, що використовує магнето. Звичайна напруга у вторинному ланцюзі перед розрядом досягає 30 кв і вище, а час розряду складає 1200-7500 мкс. У системі другого типу використовується розряд конденсатора. Щораз у процесі запалювання відбувається розряд електричної енергії, що нагромадилася; напругу у вторинному ланцюзі складає звичайно 40 кв. Нагромадження заряду і розряд у такій системі відбуваються швидше - звичайно в межах 200-750 мкс.

У процесі аналізу перевіряють генератор струму, виводи первинного і вторинного ланцюгів, котушку трансформатора і свічі запалювання.

Важливо розуміти, що для обох типів двигунів, карбюраторний і дизельних, аналіз системи запалювання повинний проводитися в першу чергу для того, щоб визначити, чи правильно відбувається процес згоряння палива в двигуні. Це питання повинне бути вирішене, щоб визначити, чи варто проводити аналіз робочих характеристик чи машини контроль технічного стану. Немає великого змісту проводити дослідження двигуна, у якого спочатку повинні бути скоректовані тимчасові інтервали його робочого циклу. Якщо ми проведемо аналіз двигуна, у якого неправильно встановлений кут випередження запалювання, ми не зможемо скористатися отриманими даними і даремно витратимо час. Це є нагадуванням того, як важливо переконатися в тім, що кут випередження запалювання (а для дизельного двигуна - кут упорскування палива) установлений правильно, перш ніж оцінювати робочі характеристики і стан машини.

У процесі проведення аналізу системи запалювання можуть бути перевірені наступні елементи: моменти переривання, піковий іонізаційний потенціал, стан свіч, напруга іскріння, високоомний опір, навантаження на циліндр, пропуски запалювання, чи випередження запізнювання запалювання, відсутність іскри, подвійна іскра, робота тиристорів в електронному ланцюзі. Звичайно, ми могли приділити масу часу опису одних тільки характеристик системи запалювання, однак це не входить у задачі даного розділу.

Наступним етапом аналізу, якому необхідно виконати, є так називаний загальний огляд. Сюди входить фізичний і візуальний аналіз роботи двигуна (компресора). Звичайно проводиться контроль наступних елементів: паливних клапанів, стану змащення у верхній частині циліндра, процесу згоряння палива за допомогою пірометра, стану сальників циліндра, розподілу моментів запалювання, показань потужності, що розвивається, рівномірності роботи циліндрів, розрахункового навантаження, вентилятора, надування й ін., Усі ці параметри заносяться в *бланк загального огляду двигуна*.

1.1.5 Оцінка робочих характеристик

Оцінка робочих характеристик вимагає спеціального устаткування для розрахунків потужності, що розвивається, середніх ефективних тисків, порівняння кутів випередження запалювання, порівняння пікових значень тиску і кутів появи пікового тиску. Воно дозволяє також одержати показання потужності, що розвивається, для порівняння їхній з розрахунковими значеннями.

Для визначення стану елементів машини необхідні деякі аналітичні інструменти. Один з них у вас, імовірно, уже є - це акселерометр, використовуваний для виміру вібрації вузлів машини. Іншим корисним інструментом є ультразвуковий течешукач, що дозволяє розділити високочастотні складові, обумовленим рухом газів, і низькочастотний шум механічної природи. Індуктивний датчик дозволяє вимірювати як високі, так і низькі напруги в системі запалювання. І, нарешті, потрібний датчик тиску з парюю діапазонів. За звичай це тензодатчик, чи датчик п'єзоелектричного типу.

Датчик вібрації разом з ультразвуковим течешукачем дозволяють знайти тертя в системі, механічні удари і витоки газу (рис 1.2 і 1.3).

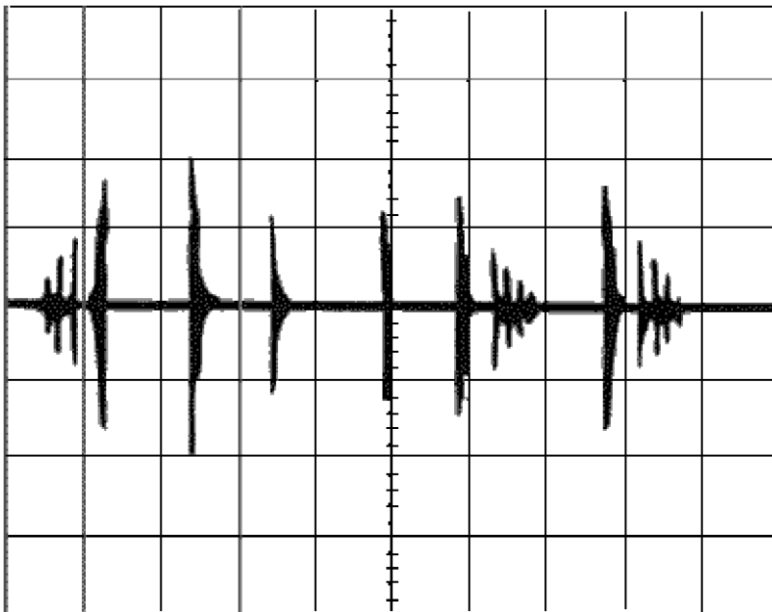


Рисунок 1.2 Вібрація, що супроводжує стукіт у двигуні

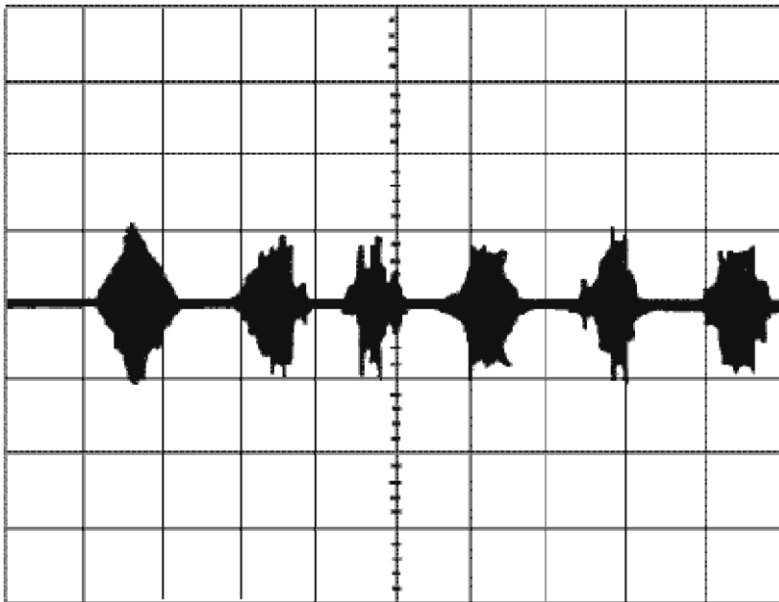


Рисунок 1.3. Вібрація, що супроводжує витоків в двигуні.

Кутове положення колінчатого вала, відмічуване на екрані курсором завдяки використанню індуктивного датчика, дозволяє визначити, чи відповідає плин процесів робочому циклу машини. І, нарешті, датчик тиску дозволяє вимірити тиск для будь-якого кутового положення колінчатого вала і визначити, чи відповідають процеси, що відбуваються в циліндрі тому, що ми очікували.

У даному розділі ми будемо розглядати тільки 2-х тактні двигуни і компресори. Для 4-х тактних двигунів усі буде аналогічно, за винятком того, що робоча діаграма містить не 360° а 720° . Звичайно, не у всіх двигунів є прямий канал для виміру тиску. Однак можна приєднати спеціальний перетворювач до свічі запалювання за допомогою пристрою, названого кініклапаном. Його використовується у великих двигунах, що мають отвір, висвердлений прямо в каналі тиску.

Перше представлення про зміну тиску за робочий цикл машини дає діаграма тиск-час (мал. 1.4). На осцилографі за допомогою вікна, синхронізованого з робочим циклом, можна одержати діаграму тиск-час, на якій, як правило, лівому краю відповідає кут 0° чи циклу верхня мертва точка, а правому краю - 360° , тобто знову верхня мертва точка.

Як можна використовувати цю діаграму? Наприклад, у яким місці на діаграмі можна спостерігати перекочування шатуна в поршні? Очевидно, її не може бути в точці максимального стиску чи газу максимального тиску в

циліндрі, оскільки в цей момент сильний тиск утримує палець поршня, не даючи йому змінити своє положення.

У точці ж, що відповідає 180° для 2-х тактного чи двигуна компресора значення тиску стає мінімальним. У районі 180° і спостерігається незначний поштовх. Таким чином, для того, щоб зрозуміти природу цього поштовху, необхідно повернутися назад до опису процесів, що відбуваються в циліндрі, і моментам їхнього настання.

Як у двигуні, так і в компресорі оцінка верхньої мертвої точки відповідає максимальному стиску в циліндрі. Однак небажано, щоб цій точці відповідав максимальний тиск, оскільки воно буде створювати спрямовану вниз силу в той момент, коли кривошип знаходиться у вертикальному положенні, що утруднить передачу руху від поршня до колінчатого вала. Отже, точці максимального тиску повинне відповідати своє кутове положення на діаграмі робочого циклу (обране інженером-конструктором двигуна), після проходження верхньої мертвої точки.

За допомогою датчиків вібрації і датчиків робочих характеристик можна вимірювати кут і величину максимального тиску, вібрацію при максимальному тиску, спостерігати роботу поршневих кілець, самого поршня, відкриття і закриття впускних і випускних клапанів, моменти запалювання і стиску, потік газів через клапани, стан циліндрів і багато чого іншого, що тут просто неможливо перелічити. Аналіз діаграм для циклів згоряння, циклів вібрації, циклів роботи системи запалювання, отриманих на працюючій машині, дозволяє оцінити її технічний стан, не зупиняючи роботу і не знімаючи двигун для проведення візуального огляду. У свою чергу, це дозволяє нам скоротити час на технічне обслуговування, зберегти гроші, переконатися в надійності роботи машини і підвищити її продуктивність.

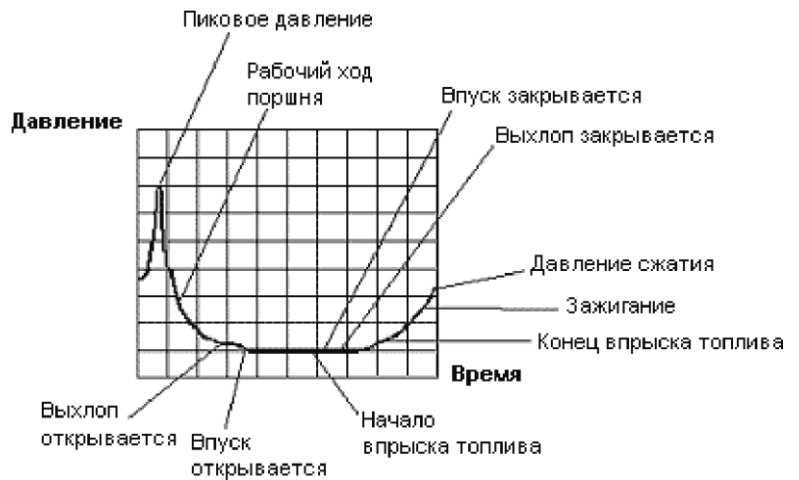


Рисунок 1.4. Графік залежності тиску від часу в 2-тактному двигуні

1.1.6 Поршневі компресори

Описані вище вібраційні й ультразвукові пристрої можуть допомогти в проведенні досліджень процесів, що відбуваються в компресорі, фізична природа яких зв'язана з підвищеним тертям, різкими механічними ударами і витоками газів.

Компресор не вимагає аналізу системи запалювання просто тому, що не має такої системи; більшість же видів аналізу аналогічно тим, що мали місце для двигуна.

Цикл роботи компресора складається з наступних етапів: усмоктування, стиску, випуску, розширення і знову усмоктування. Розширення являє собою процес зміни тиску в циліндрі в процесі руху поршня від верхньої мертвої точки (крайнє положення поршня в момент випуску) до свого протилежного положення. У процесі руху поршня тиск у циліндрі повертається до значення тиску на чи усмоктуванні більш низькому.

Важливою інформацією, що характеризує цикл тиску в компресорі, є тиск на усмоктуванні і його коливання. Його вимірюють, якщо це можливо, у порожнині чи усмоктування в районі усмоктувального клапана.

Тиск на виході вимірюють у випускній чи порожнині в районі випускного клапана. Ці значення повинні бути відомі, щоб можна було визначити точки перетинання тиску в циліндрі з тисками на усмоктуванні і випуску, а також пульсації тиску на усмоктуванні і випуску. Крім того, це дозволяє виявити

конструктивні чи проблеми помилки в керуванні роботою компресора, утрати потужності в клапанах.

Типова діаграма зміни тиску в циліндрі дана на мал. 6. Вона відповідає роботі циліндра однобічної дії, обмірюваної з боку голівки циліндра. За значеннями тиску на усмоктуванні і випуску можна зробити висновок про роботу циліндра.

Точка А відповідає верхньої (чи зовнішньої) мертвій чи точці кінцю ходу поршня при випуску. Точка В дає нам можливість побачити, у який момент робочого циклу відбувається відкриття усмоктувального клапана. Відзначимо, що ця точка повинна лежати нижче лінії тиску усмоктування, тому що в циліндрі повинне бути негативний тиск для того, щоб потік повітря в процесі робочого циклу міг уриватися в циліндр.. Але крива тиску не повинна проходити значно нижче лінії тиску на усмоктуванні, оскільки в протилежному випадку це приведе до втрат потужності.

Спробувати удержати криву поблизу лінії тиску й у той же час нижче цієї лінії - важка задача для конструктора. На продуктивність компресора впливають кілька причин, у їхньому числі чи тріщини руйнування в тарілках клапанів і кільцях, пульсації тиску на усмоктуванні і випуску, обмеження тиску на усмоктуванні, улучення твердих часток у всмоктувальні клапани і неправильну роботу клапанів регулятора тиску.

Крім того, іноді проблеми можуть бути викликані, скажемо, неправильним настроюванням натягу пружин, оскільки багато користувачів не звертають уваги на рекомендації виробника по їх використанню в робочому циклі циліндра.

Положення С, що відповідає куту 180° після верхньої мертвої точки, воно приблизно збігається з точкою, де шатун знаходиться в крайнім протилежному положенні. У циліндрі однобічної дії ця точка відповідає моменту перекидання шатуна в поршні. Крім того, у цій точці повинні перетнутися крива тиску в циліндрі з прямою лінією тиску на усмоктуванні. При вирівнюванні цих двох тисків клапан повинний закритися.

Продовжуючи стежити за кривою зміни тиску в циліндрі ми відзначимо її швидкий ріст до тиску на виході. Кульмінація процесу стиску настає в точці D,

що відповідає моменту відкриття випускного клапана. Оборотний увага на те, що пік тиску лежить вище лінії тиску на виході. Якщо цього не буде, тиск у циліндрі не дозволить викинути гази назовні.

Однак, для випуску характерні ті ж особливості, що і для усмоктування. Чи тривалість довжина цієї лінії в одиницях кута повороту колінчатого вала визначає, скільки стиснутого газу буде випущено в систему.

Остання точка (положення Е) з'являється наприкінці циклу у верхньої мертвої точки. У цій точці вирівнюється тиск усередині циліндра, а поршень досягає свого крайнього положення, називаного звичайно верхньою мертвою точкою. У цій точці повинне відбутися перетинання кривої тиску в циліндрі з лінією тиску на виході. Якщо цього не відбувається, це свідчить про наявність якихось проблем, аналогічних тим, що розглядалися на стадії усмоктування.

Отже, робота циліндра складається з 4-х тактів: усмоктування, стиску, випуску і розширення.

Графік залежності тиску від часу дозволяє досліджувати пульсації, роботу циліндра і визначати uszkodження елементів чи машини недоліки конструкції.

Рисунок 1.7 ілюструє роботу компресора двосторонньої дії у виді залежності тиску з боку колінчатого вала від часу. На діаграмі присутні всі те ж події, що і при спостереженні з боку голівки циліндра, за винятком того, що фаза всіх подій змінилася на 180° .

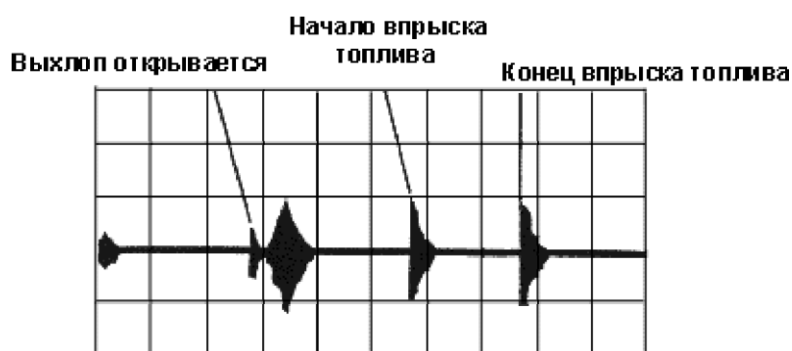


Рисунок 1.5 Вібрація 2-тактного двигуна

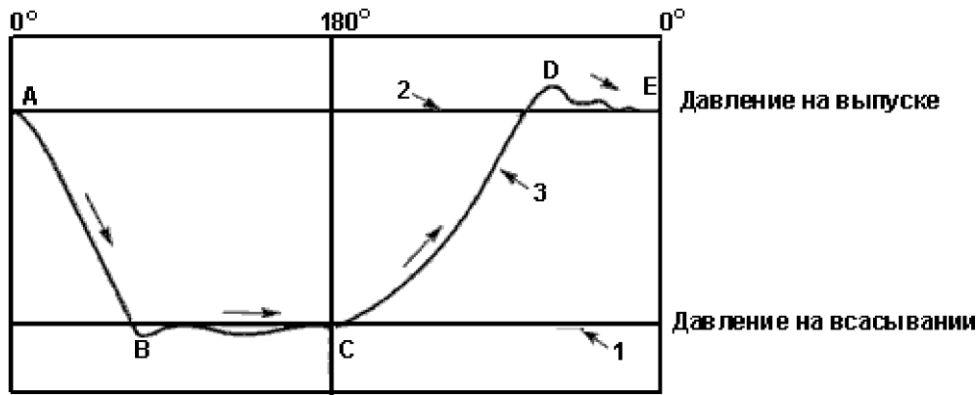


Рисунок 1.6 Тиск у циліндрі компресора (з боку голівки циліндра).

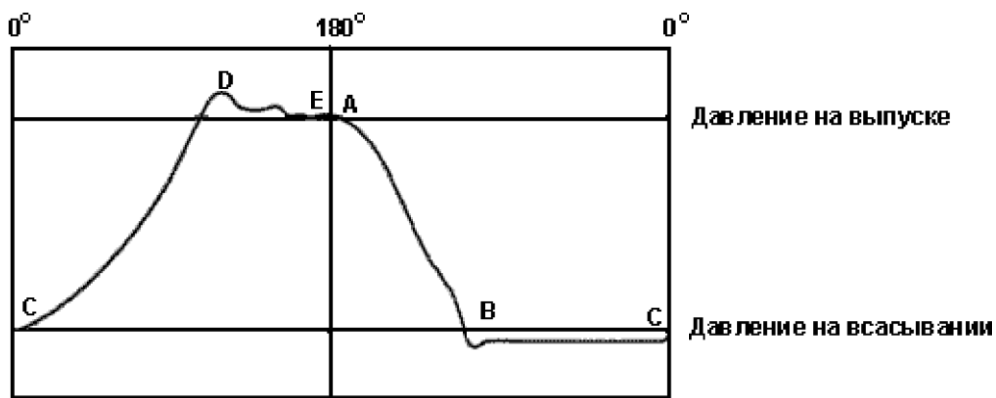


Рисунок 1.7 Тиск у циліндрі компресора (з боку колінчатого вала).



З боку голівки циліндра - прописні букви

З боку колінчатого вала - курсив.

Рисунок 1.8 Залежності зміни тиску (з боку голівки циліндра і з боку колінчатого вала) згодом на одному графіку.

Позначення

A,a - Випуск закінчений

A,a - B,b - Такт розширення

B,b - Усмоктування відкривається B,b - C,c - Такт усмоктування

C,c - Усмоктування закінчене C,c - D,d - Такт стиску

D,d - Випуск відкривається D,d - E,e - Такт випуску

E,e - Випуск закінчується 1 - Вирівнювання тиску в циліндрі На мал.

1.8 показаний сполучений графік сигналу вібрації, а також тисків у циліндрі, що спостерігаються як з боку голівки циліндра, так і з боку колінчатого вала. Таку діаграму можна спостерігати на спеціальному аналізаторі, звичайний же інструментарій дозволяє одержати графік, що відповідає спостереженням тільки з якого-небудь одного кінця циліндра.

Графік вібрації (ультразвуку) іноді викликає подив тим, що картина вібрації на одному кінці циліндра повторює ту ж картину на протилежному. Це називають чи луною діафонією. Важливо знати, якому куту відповідає кожне з подій у циліндрі. Це дозволить визначити, чи свідчить графік вібрації про наявність яких-небудь проблем, чи він відповідає нормальній роботі компресора. Крім того, по висоті графіка можна судити про ступінь ушкоджень, а іноді і про відсутність яких-небудь подій у процесі робочого циклу.

Важливо контролювати значення тиску при положенні шатуна в 2-х крайніх протилежних положеннях. Звичайно ці положення зв'язують з кутом повороту колінчатого вала при кутах 180° і 360° , але реальне положення шатуна в цих точках збігається з перетинаннями ліній тиску. У такій точці можливі зміни положення шатуна щодо поршневого пальця. Якщо перекидки шатуна не відбувається, змащення постійно знаходиться з однієї сторони пальця. Звичайно, саме в крайніх чи положеннях трохи пізніше їхнього проходження спостерігається металевий стукіт шатуна об палець поршня.

Можливість бачити одночасно обох графік зміни тиску в залежності від кутового положення колінчатого вала дозволяє визначити миттєве навантаження на шатун. Історично склалася практика визначення навантаження на шатун через об'єм циліндра і різниця тисків на виході й усмоктуванні. Хоча це і дозволяє точно обчислити навантаження тиску в крайніх положеннях шатуна, ми нічого не можемо сказати про миттєвий тиск, що впливає на шатун у циліндрі.

Що могло б відбутися? Очевидно, у процесі такту випуску тиск у циліндрі повинне перевищувати тиск на випуску. І, навпаки, воно повинне бути нижче тиску на усмоктуванні в такті усмоктування. У циліндрах подвійної дії ці два максимальних чи мінімальних тиски мають місце через 180° . Це дозволяє визначити щирі відхилення максимального тиску в циліндрі.

Дуже часто передчасний вихід шатуна з ладу зв'язаний з його навантаженнями. Якщо ми не маємо можливості спостерігати процеси, що відбуваються в циліндрі, ми не зможемо визначити щирий тиск, що впливає на шатун. Часто проблему можна вирішити зміною конструкції клапанів, видаливши тверді відкладення, а найчастіше, змінивши натяг пружин.

Для обчислення потужності компресорів і ДВЗ використовують P-V діаграму. Приклад такої діаграми приведений на мал. 9; напрямку обходу кривої збігаються з напрямками руху поршня. Область усередині кривої визначає продуктивність циліндра, що звичайно називається волюметричною продуктивністю, вона розраховується зіставленням об'ємів при такті усмоктування, такті випуску з загальним об'ємом переміщуваним поршнем.

Історично прийнято обчислювати цю продуктивність як процентне відношення об'єму такту усмоктування до загального об'єму переміщуваному поршнем. Теоретично цей спосіб коректний, але він може давати велику погрішність. Ця погрішність може бути наслідком усього того, що приводить до передчасного перетинання кривої в стадії розширення лінії загального об'єму, наприклад, поламана чи тріснута тарілка усмоктувального клапана, зламані пружини, неправильна посадка клапанів і т.д.

Проблема полягає в тому, що витік газів обумовлює підвищений відсоток волюметричної продуктивності. При підстановці даних у формулу вона дає значення продуктивності більше, ніж насправді забезпечується компресором. Для більш точних розрахунків варто також обчислювати волюметричну продуктивність по об'єму такту випуску.

Багато дослідників використовують порівняння відносин об'ємів для того, щоб переконатися, що весь газ, що надійшов у циліндр, був також і випущений.

Максимальна розбіжність співвідношень, що допускається більшістю дослідників, складає +/-5 %.

Імовірність витоків на усмоктуванні і на випуску, дуже велика - таке стається постійно,- але імовірність того, що ці витoki однакові, порівнянна з імовірністю виграшу в лотерею.

Порівняння кривих з метою виявлення відхилень від нормального робочого стану - дуже гарний спосіб контролю машини. Однак, важливо нагадати, що навіть коли діаграми покажуть величезні втрати продуктивності, сам циліндр може не випробувати ніякого нагрівання. На практиці багато операторів, очікуючи, що підвищена температура вкаже на можливу появу ушкоджень, зштовхнулися в результаті з вже існуючими катастрофічними ушкодженнями в чи циліндрі компресорі.

Крім розрахунків потужності і продуктивності, P-V діаграма дає також і інші діагностичні можливості, що дозволяють визначати, наприклад, підвищену твердість пружин клапанів, обмеження потоку газу і витоків в каналах, деренчання клапанів, пульсації потоку, збільшений зазор між стінками циліндра і кільцями поршня, а також ефективність використання енергії в системі.

Регулюванням кількості споживаного двигуном палива, його економію легко можна довести до 20 %. Застосуванням програм вібраційного аналізу ряд користувачів домагається більш ніж 98%-ої готовності парку машин.

За рахунок більш рівномірного розподілу навантаження, що не допускає флуктуації тиску від циліндра до циліндра, можна домогтися загального підвищення навантаження, значно збільшивши тим самим продуктивність.

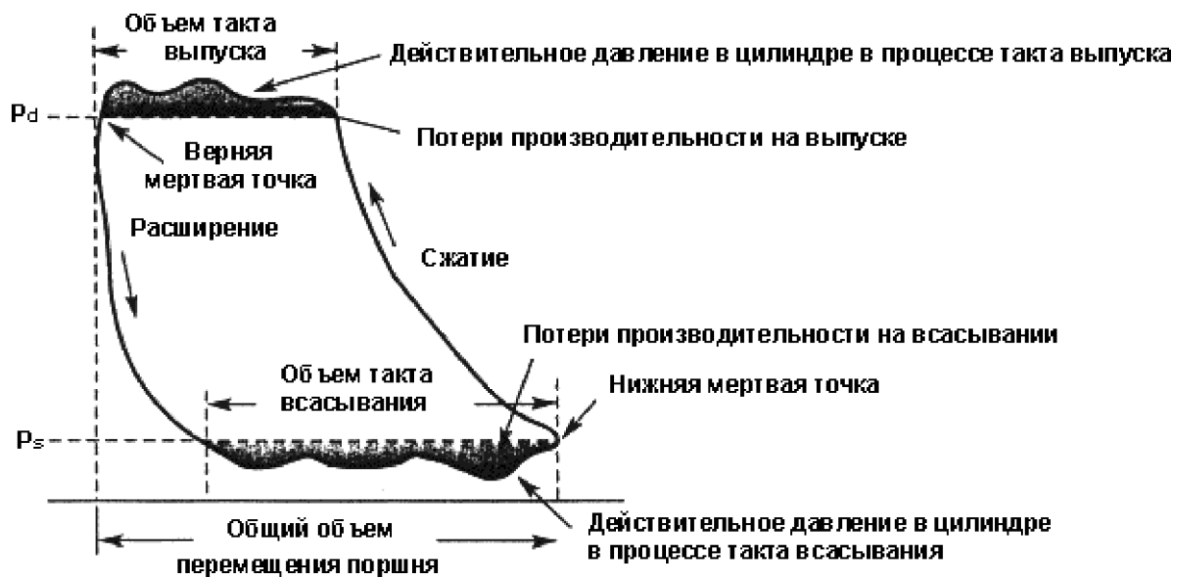


Рисунок 1.9. Типова P-V діаграма.

1.2. ВИЯВЛЕННЯ ДЕФЕКТІВ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІЗУ ВІБРАЦІЇ

Одна з цілей даного розділу - показати можливість виявлення дефектів підшипників кочення за допомогою аналізу сигналу вібрації в частотній і тимчасовій областях. Друга - показати можливість визначення ступеня розвитку дефектів підшипників, для того щоб мати можливість оцінити залишковий ресурс підшипника

Спектр і форма сигналу вібрації містять інформацію про характерні дефекти підшипників кочення, ця інформація має специфічні особливості в залежності від виду дефекту. Однією з таких характерних рис є наявність несинхронних піків, тобто піків, що не є цілоратними гармоніками частоти обертання вала машини. Спектр вібрації може містити як дискретні піки, так і широкосмугові частотні області високого рівня. В часовому сигналі вібрації можуть спостерігатися ударні імпульси, обумовлені проходженням (перекочуванням) елементів кочення через дефекти чи доріжок контактом доріжок з дефектними ділянками елементів кочення.

Важливим моментом є те, що коливання, зв'язані з дефектом підшипника кочення мають багато меншу амплітуду, чим коливання, зв'язані з багатьма іншими ушкодженнями, такими як дисбаланс, чи неспіввісність дефекти зубчастої передачі. Велика розмаїтість конструкцій підшипника й умов їхнього використання, робочих швидкостей і навантажень сильно утрудняє використання єдиного (універсального) рівня припустимої вібрації, який би задовільно працював у всіх чи хоча б у більшості випадків.

В часовому сигналі вібрації й у його спектрі присутні характерні ознаки дефектів підшипників кочення, що сильно залежать від виду дефекту. Одним з таких ознак є присутність у спектрі несинхронних піків, тобто піків, що не є цілочисельними гармоніками частоти обертання. Більш того, при розвитих дефектах можна спостерігати гармоніки цих несинхронних піків. Спектр може містити як дискретні (вузькосмугові) піки, так і розмиті "пагорби", у яких зосереджена вібраційна енергія. В часовому сигналі спостерігаються ударні

імпульси, що виникають у зонах контакту тіл кочення з дефектами чи доріжок доріжок з дефектами тіл кочення.

Важливим моментом тут є те, що амплітуда коливань, зв'язаних з дефектами підшипників кочення багато менше тієї, що викликано різними іншими дефектами, такими як дисбаланс, чи неспіввісність ушкодження зубчастих передач. Зазначені дефекти викликають коливання з амплітудами різних порядків, тому доцільно порівнювати отримані дані з наявними еталонними значеннями для різних дефектів, замість того, щоб користатися єдиним загальним рівнем, прийнятим за рівень попередження про можливі дефекти підшипників. Оскільки на практиці приходиться мати справу із самими різними конструкціями і способами застосування підшипників, різними частотами обертання й умовами їхньої навантаження, - дуже важко установити один рівень попередження, який би добре працював у всіх, чи хоча б багатьох, ситуаціях. І коли ми говоримо про ступінь розвитку дефектів, то в першу чергу зв'язуємо це з характерними рисами спектрів. Розпізнавання образів є ключовим моментом для визначення стадії розвитку дефекту.

Підшипники кочення мають свої характерні частоти прояву дефектів, що визначаються їх геометричними розмірами. Ці частоти можна розрахувати для внутрішньої і зовнішньої доріжок, сепаратора і кулькових чи роликів елементів.

Для розрахунку характерних частот необхідно знати число елементів кочення, їхній діаметр, діаметр сепаратора і кут контакту (виділення). Якщо ці параметри відомі, можна визначити всі характерні частоти, генеровані кожним окремим елементом підшипника.

На відміну від ушкоджень інших видів, характерні підшипникові частоти будуть з'являтися в спектрі тільки в тому випадку, якщо є дефекти конкретних елементів підшипників. Крім того, у спектрі можлива поява відразу декількох частотних складових, характерних для даного конкретного підшипника. Наприклад, якщо на зовнішній доріжці присутня який-небудь дефект, через якийсь час цей дефект викликає знос і деградацію елементів кочення, а потім передається і внутрішній доріжці підшипника.

Характерні частоти часто визначають через коефіцієнти, на які варто помножити частоту обертання вала; ці коефіцієнти кратні кількості ударів за один оборот вала, що виникають унаслідок наявності визначеного дефекту. Для визначення характерних частот існують стандартні формули. Наприклад, розрахований коефіцієнт для дефекту зовнішньої доріжки може бути дорівнює 5,22, і звичайно в спектрі вібрації ви можете спостерігати гармоніки цієї складовий, які відповідають коефіцієнтам 5,22, 10,44, 15,66, 20,88 і вище. Цей несинхронний пік і його гармоніки можна спостерігати, якщо в підшипнику є дефектні елементи.

Дефекти підшипників, що ми можемо розпізнати за допомогою вібраційного аналізу, містять у собі: дефекти внутрішньої і зовнішньої доріжок кочення, дефекти елементів кочення, дефекти сепаратора, ослаблення посадки підшипника, збільшений внутрішній зазор, повертання внутрішнього кільця на валу, перекіс підшипника і дефекти змащення.

Насправді можна знайти багато причин, що викликають ушкодження підшипників кочення. Приблизно 43% підшипників виходять з ладу внаслідок неправильного режиму змащення, тобто її чи надлишку недоліку (як правило, більш ймовірною причиною буде надлишкове змащення). Ще 27% зв'язані з неправильною установкою підшипника, наприклад, коли підшипник намагаються поставити на місце за допомогою чи молотка зварювання. Наступні 24% включають: неправильне застосування підшипників, дефекти зборки і підвищену вібрацію. Тільки 9% підшипників виходять з ладу внаслідок природного зносу.

Якщо ми глянемо на різні формули, що визначають термін служби підшипника в залежності від навантаження, то побачимо, що ця залежність має кубічний вид, тобто підшипники дуже швидко будуть виходити з ладу, якщо навантаження на них буде перевищувати, установлену технічними умовами. Іншим фактором, що визначає термін служби, є частота обертання. На термін життя підшипника може вплинути і вібрація, з формул випливає, що підвищення вібрації машини від 5 до 10 мм/с може скоротити термін служби підшипника майже на 70 %.

Якщо тип підшипника вам невідомий, існують формули, що дозволяють приблизно визначити значення характерних частот. Так, частота обертання сепаратора складає приблизно 40 % частоти обертання вала. Частота перекочування елементів кочення по зовнішньому кільцю (міжнародне позначення-ВРФО) буде приблизно дорівнює 0,4 від добутку числа елементів кочення на частоту обертання. Частота перекочування кульок по внутрішньому кільцю (міжнародне позначення-ВРФІ) буде приблизно 0,6 від добутку числа елементів кочення на частоту обертання, тобто відношення ВРФІ/ВРФО складає близько 1,5. Єдиним виключенням, коли зазначеними формулами не можна користатися, є випадок, коли кут контакту дорівнює 90° , наприклад у деяких типах завзятих підшипників, коли частоти для внутрішньої і зовнішньої доріжки збігаються, однак така ситуація зустрічається вкрай рідко.

Найвищою характерною частотою є частота перекочування по внутрішньої доріжки, що приблизно на 40-60 % перевищує характерну частоту для зовнішньої доріжки, і обоє цих піка будуть несинхронними. Так для підшипника моделі SKF 22228, що має 19 кульок, і частоту обертання вала 29,6 Гц приблизне значення ВРФІ, відповідно до формули, буде 337,44 Гц. Насправді щире значення цієї частоти для підшипника даної моделі буде дорівнює 320 Гц, так що помилка оцінювання склала усього близько 5 %. Якщо ви зустрінете несинхронний пік в околиці частоти 340 Гц на відстані приблизно 17 Гц від її, ви можете з достатньою впевненістю укласти, що цей пік зв'язаний з дефектом внутрішньої доріжки підшипника.

Щоб одержати інформацію про дефекти змащення, необхідно проводити виміри, принаймні, аж до 1600 Гц. У діапазоні 900-1600 Гц ви зможете спостерігати три чи чотири піки, що відстоять друг від друга на 80-130 Гц. Варто виявляти обережність, тому що їх можна прийняти за гармоніки частоти контактування тіл кочення чи частоти проходження зовнішньої доріжки, але якщо ви уважно зіставите ці частоти з гармоніками характерних частот підшипника, ви переконаєтеся що вони не збігаються.

Частота 80-130 Гц, що розділяє піки, не є який-небудь з характерних частот підшипника, про які мова йшла вище, а зв'язана з резонансними

характеристиками кожного конкретного підшипника. Амплітуди піків можуть бути досить високі й обумовлені порушенням власних частот устанавленого підшипника внаслідок дії навантаження, що не компенсується змащенням.

Перший з ілюстративних прикладів (декілька спектрів у діапазоні до 2000 Гц, знятих у різний час) показаний на мал.1.10 У спектрах присутній висока субгармоніка на частоті, рівної 0,89 частоти обертання вала, а також підвищується рівень вібрації в області високих частот. Приведені дані були отримані в період із травня по листопад 1990 р.

Починаючи з вересня початку спостерігатися підвищена вібрація у високочастотному діапазоні (800...2000) Гц, у якій стали з'являтися різні піки. В міру підвищення амплітуди піків навколо них стали з'являтися бічні смуги. Щоб визначити причину підвищення вібрації і ступінь розвитку дефекту розглянемо окремо спектр, знятий у листопаді (мал. 1.11).

У спектрі присутні декілька піків у високочастотному діапазоні від 1000 до 2000 Гц. З таблиці під малюнком можна бачити, що значна частка енергії вібрації - приблизно одна третина від загальної кількості - приходить на несинхронні складові. Крім того, можна також відзначити, що максимальний пік приходить на частоту 26 Гц, що складає 0,881 від частоти обертання. Відповідна часова форма сигналу показана на мал. 3, вона свідчить про наявність характерних періодичностей у сигналі з високою концентрацією енергії.

Оскільки проблеми підшипників виявляються на високих частотах, де амплітуди коливань, як правило, малі, присутність таких проблем може бути замасковане при невдалому виборі шкали виміру амплітуди. Одним зі способів уникнути цього є вибір як вимірюваної величини віброприскорення, однак проти такого рішення є одне заперечення. Прискорення підсилює піки в міру зростання частоти, так що розрізняти складові на високих частотах стають істотно простіше. Разом з тим, однак, знижується амплітуда складових на низьких частотах, що може привести до того, що очевидні ознаки перекосів, дисбалансів і інших основних причин появи дефектів підшипників можуть бути не помічені. Мені здається, що в спектрі повинні бути ясно помітні усі важливі піки, тому я рекомендую використовувати спектр віброшвидкості.

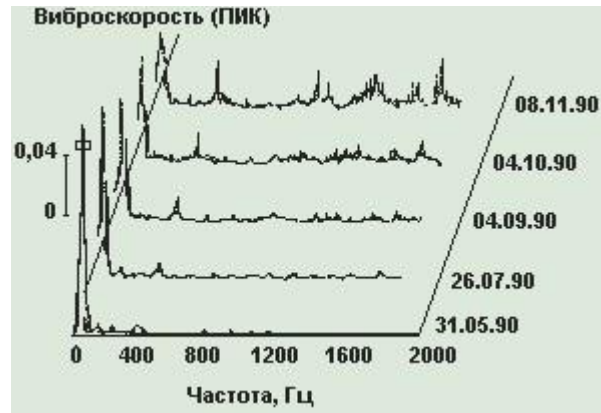


Рисунок 1.10 Декілька спектрів у діапазоні до 2000 Гц.

Таблиця 1.3 Спектри вібрацій

N	Частота, Гц	Рівень	Порядок гармонік	N	Частота, Гц	Рівень	Порядок гармонік
1	25,9	0,09	0,88	1	1330,	0,01	45,09
		10		4	24	74	
2	40,48	0,07	1,37	1	1360,	0,02	46,11
		20		5	37	24	
3	57,57	0,02	1,95	1	1390,	0,01	47,11
		99		6	08	93	
4	383,1	0,03	12,99	1	1448,	0,00	49,08
8		14		7	01	97	
5	413,7	0,01	14,02	1	1566,	0,01	53,08
3		14		8	20	10	
6	946,6	0,00	32,08	1	1595,	0,01	54,08
1		91		9	70	57	
7	975,5	0,01	33,07	2	1625,	0,01	55,10
9		17		0	74	63	

8	1004,	0,02	34,04	2	1655,	0,00	56,12
43	35			1	67	91	
9	1064,	0,01	36,08	2	1743,	0,02	59,10
56	91			2	61	50	
1	1212,	0,00	41,09	2	1760,	0,01	59,67
19	91			3	39	22	
1	1242	0,00	42,12	2	1773,	0,03	60,12
	92			4	78	59	
1	1271,	0,01	43,10	2	1803,	0,01	61,13
74	43			5	51	63	
1	1300,	0,01	44,07	2	1833,	0,01	62,15
29	77			6	77	09	
Загальний рівень		Субгармо		Синхронні		Несинхр	
		ніка				онні	
0,1762		0,0248 /		0,1429 / 66%		0,1000 /	
		2%				32%	

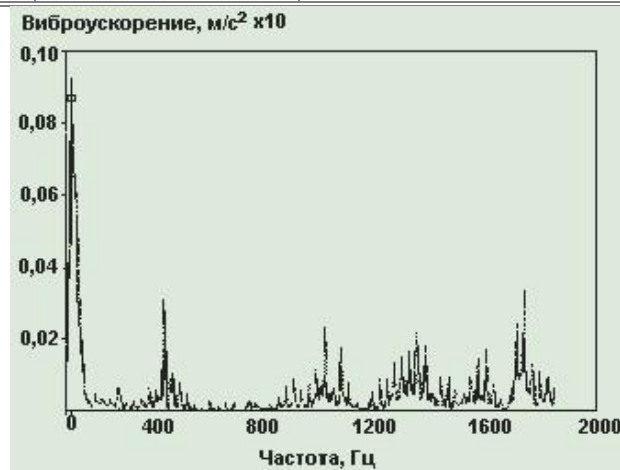


Рисунок 1.11 Спектр із підвищеною вібрацією у високочастотному діапазоні (800.....2000) Гц.

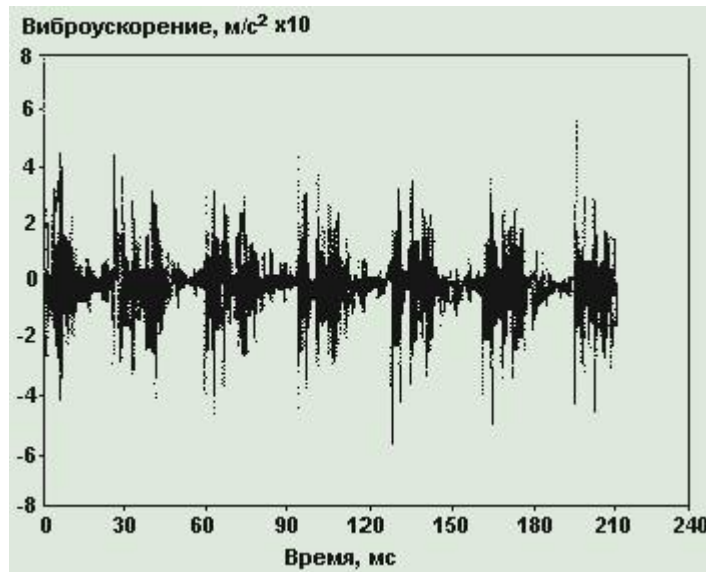


Рисунок 1.12 Часова форма сигналу.

Використання прискорення може бути гарним засобом ідентифікації дефектів, що супроводжуються появою коливань з дуже малими амплітудами, якщо ми розглядаємо не спектральну, а тимчасову форму сигналу. Відзначимо, що всі зображувані сигнали прискорення дані в одиницях g. Використання прискорення, у якій би формі воно не зображувалося - тимчасовий чи спектральний - забезпечує експонентний ріст амплітуди зі збільшенням частоти. Тому, розташовуючи даними, отриманими у формі сигналів віброприскорення, я не роблю порівняння спектрів для ідентифікації таких дефектів як перекося і дисбаланси, а користаюся з можливості глянути на поведінку низькоамплітудних високочастотних складових, характерних для визначених типів дефектів підшипників.

Приведена на мал. 1.12 характерна форма хвилі демонструє наявність ударів, модуляції і дзенькоту, що з'являється всякий раз при проходженні чи кульки ролика по дефектній ділянці доріжки. Спочатку в зону дефекту попадає якийсь одна кулька підшипника, що приводить до появи удару. Потім він виходить із зони дефекту і впливає по гарній ділянці доріжки - це рух не супроводжується значним виділенням енергії і, відповідно, розмах коливань дуже незначний. Як тільки в зону дефекту попадає наступний кулька, знову відбувається різкий удар.

У даному конкретному випадку неправильний натяг приводного ремня двигуна привело до швидкого передчасного зносу його підшипників. Ремінь був

натягнутий настільки сильно, що на ньому утворилося в результаті контакту випалена пляма. Ремінь створював навантаження на підшипники двигуна і вентилятора, що виявилось настільки великим, що привело до прискореного руйнування підшипника і значно скоротила термін його служби.

Тут важливо вказати, що хоча дуже просто перейти від аналізу спектра прискорення до спектрів чи швидкості переміщення і навпаки, змінити тимчасову форму сигналу за допомогою програмних засобів неможливо. Для того, щоб мати можливість подивитися на сигнал віброприскорення, дані повинні бути отримані за допомогою саме акселерометра; потім їх можна проінтегрувати у цифровій формі, установивши відповідний режим обробки сигналу, і, перетворити в частотний спектр, що вам необхідний.

Інша перевага використання акселерометра полягає в тому, що частотна характеристика акселерометра дозволяє більш ефективно збирати дані про високочастотні коливання, саме таких, з якими і зв'язані дефекти підшипників.

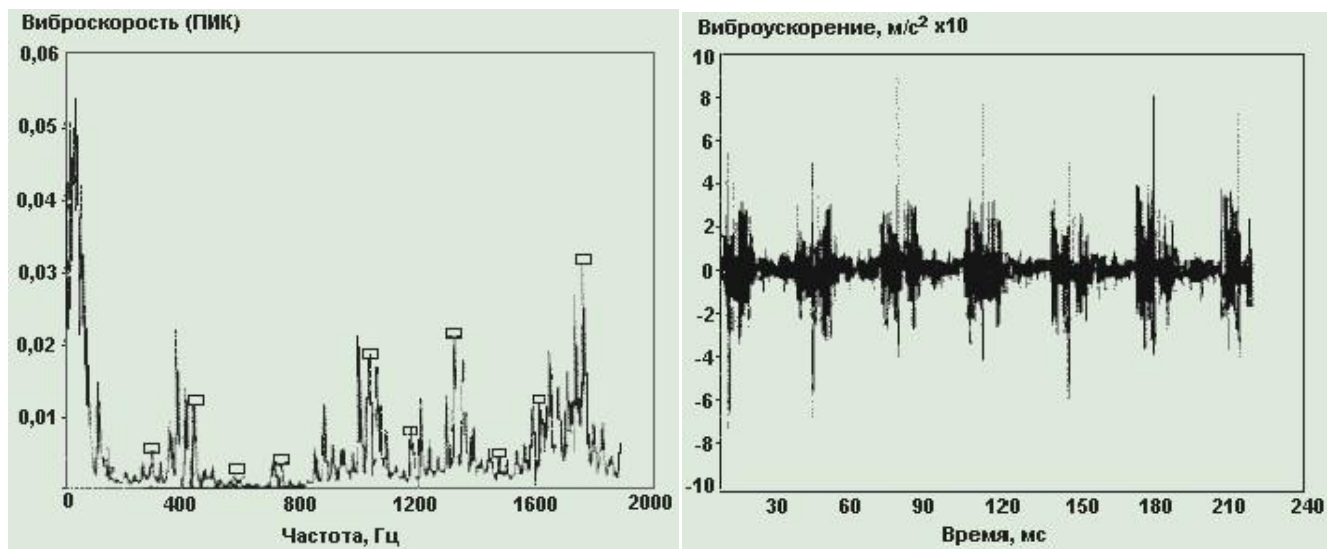


Рисунок 1.13. Спектр вібрації, знятий у вертикальному напрямку.

На мал. 1.13 показана вібрація того ж підшипника, однак отримана для іншого напрямку виміру. Попередні графіки були побудовані для вібрації з датчика, встановленого в горизонтальному положенні, у цьому ж випадку датчик був установлений вертикально.

Відзначимо букви "G" на пунктирних лініях - вони відповідають частоті перекошування кульок по внутрішній доріжці, де і спостерігався дефект. Складова на самій частоті ВРПІ ледь помітна в спектрі вібрації. Відзначимо, що

гармоніки цієї частоти, позначені курсором, домінують над іншими піками в області високих частот (приблизно від 750 до 1800 Гц). Крім того, у ряді випадків спостерігається модуляція цих коливань іншими частотами.

Уважний розгляд показує, що бічні смуги обумовлені частотою обертання вала, що, як ми уже відзначали, дуже характерно для дефектів внутрішньої доріжки. Порівняння амплітуд складових на цих характерних частотах з іншими піками ясно говорить про дефект підшипника. Загальний діапазон зміни амплітуди - 0,15 мм/с, а амплітуди гармонік ВРФІ змінюються від 0,05 мм/с- 1-я (ледь помітна), гармоніка, до 0,8 мм/с- складові в районі 1800-1900 Гц. Якщо вас цікавить, наскільки сильно розвинуте ушкодження, то така картина відповідає сильно розвинутому дефекту.

Звернемося знову до тимчасової форми вібраційного сигналу. Як видно з мал.1.13, коливання мають значну енергію; розмах коливань складає 14-16 г. Можна зробити висновок про наявність численних ударів і множинних ушкоджень у підшипнику.

В міру розвитку дефекту підшипника геометрія останнього починає змінюватися. Наприклад, якщо на доріжці мається значний задир, знос елементів кочення може привести до зміни кута контакту і середнього діаметра підшипника. А тому що характерні частоти підшипника розраховуються на основі його геометрії, ці частоти будуть зрушуватися щодо своїх первісних положень, що мали місце для нових підшипників. На практиці це приводить до того, що дослідник пропускає дефект підшипника, тому що він стежить за наявністю піків на заздалегідь визначених частотах, а їхня відсутність (унаслідок зсуву піків) сприймається як ознака нормальної роботи підшипника.

Якщо ми візьмемо один зі спектрів (мал. 1.14) і подивимося на нього, ми побачимо, що тільки два піки перевищують рівень 2,5 мм/с, однак загальне середнє квадратичне значення перевищує 18 мм/с, і причина цього в тім, що в спектрі з'явилася значна широкосмугова вібрація. Мало місце дуже швидка деградація підшипника.

На мал. 1.15 спектр вібрації показаний разом з тимчасовою формою сигналу. Форма хвилі тут не має яскраво вираженої періодичної імпульсної

форми, але розмах коливань складає 8-10 g, що дуже багато. За звичай, коли я бачу коливання з розмахом більш 2-4 g, я починаю приділяти підшипникам особлива увага, оскільки рівень вібраційної енергії уже досить високий.

Причина, чому ми не спостерігаємо ударів, двояка. По-перше, дискретні піки внаслідок змін у внутрішній геометрії підшипника почали уже розпливатися і перетворюватися в ділянки широкосмугової вібрації, і часова форма сигналу відбиває цю розхитаність. У ній присутні випадкові удари і стукоти, що роблять велику енергію вібрації. Розхитаність обумовлена як зміною геометрії деградуючого підшипника, так і швидкістю обертання. Якби ми мали можливість спостерігати діапазон частот вище 400 Гц, ми побачили б ще більш яскраво виражені характерні риси зміни геометрії підшипника у виді модуляційних смуг.

Ступінь розвитку дефекту повинна бути визнана значної з кількох причин. Зміни в характеристиках вібрації підшипника відбулися дуже швидко. Крім того, наявність широкосмугових коливань великої енергії свідчить про ту стадію розвитку ушкоджень, для якої характерна зміна геометрії підшипника.

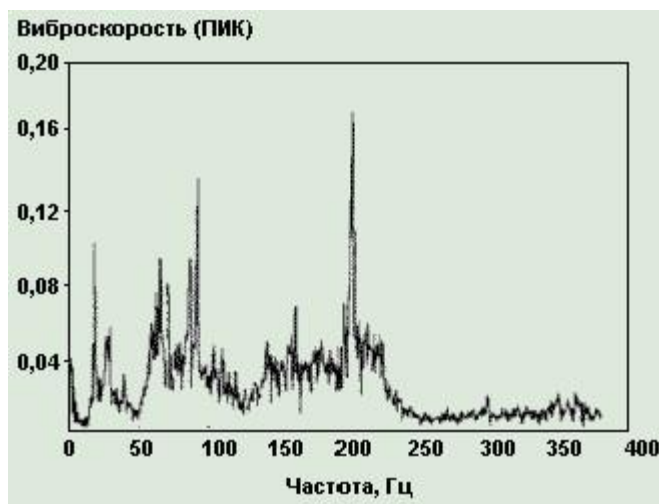


Рисунок 1.14. Спектр вібрації з деградуючим підшипником.

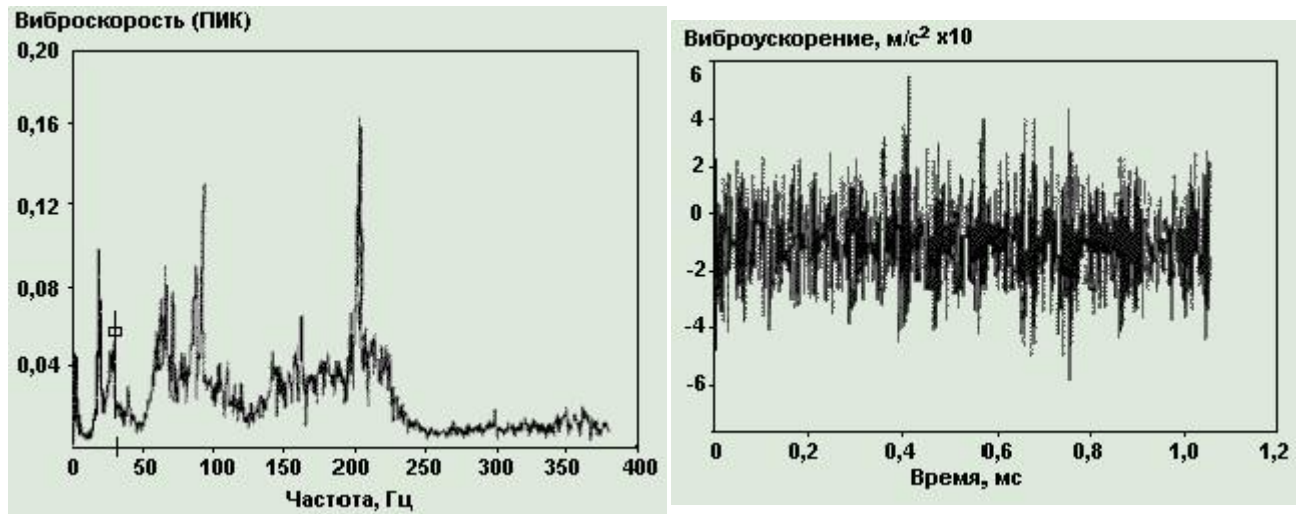


Рисунок 1.15. Спектр вібрації і часова форма сигналу.

Ще один випадок показаний на мал. 1.16. Спектр вібрації був отриманий для підшипника насоса. У низькочастотній частині спектра першим курсором відзначена складова на частоті 19,68 Гц, рівна частоті обертання. Наступні курсори показують, що в спектрі присутній багато гармонік цієї частоти.

На перший погляд здається, що даний приклад є гарною ілюстрацією випадку ослаблення з'єднань. Так можна було б судити по великому числу гармонік, рівних по амплітуді складової на частоті чи обертання перевищуючі її. Однак, ви повинні звернути увагу на той факт, що весь діапазон виміру амплітуди складає тільки 2,5 мм/с, і піків, що перевищують цей рівень, немає.

Не має наявності ослаблення в з'єднаннях яких-небудь важливих елементів конструкції, а, скоріше, десь усередині вузлів.

Цей спектр був перший у послідовності спектрів, отриманих протягом 5ти місяців, див мал. 1.17, При його одержанні не стояла задача виявлення дефекту на ранній стадії розвитку, просто він був відправною точкою в програмі контролю стану агрегату.

На мал. 9 видні ознаки значних ослаблень у з'єднаннях, що зберігалися й у червні, і в липні, а в серпні картина стала зовсім жахливою. Для того, щоб спостерігати отримані дані, шкалу амплітуди довелося розширити до 6 мм/с.

Однак за даними, отриманим у вересні, показалося, що проблема зникла.

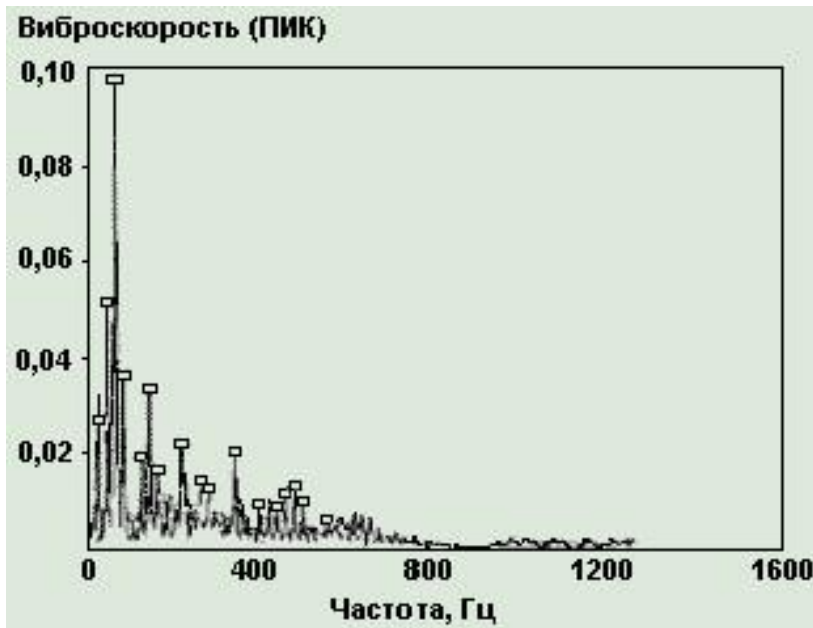


Рисунок 1.16. Спектр вібрації підшипника насоса.

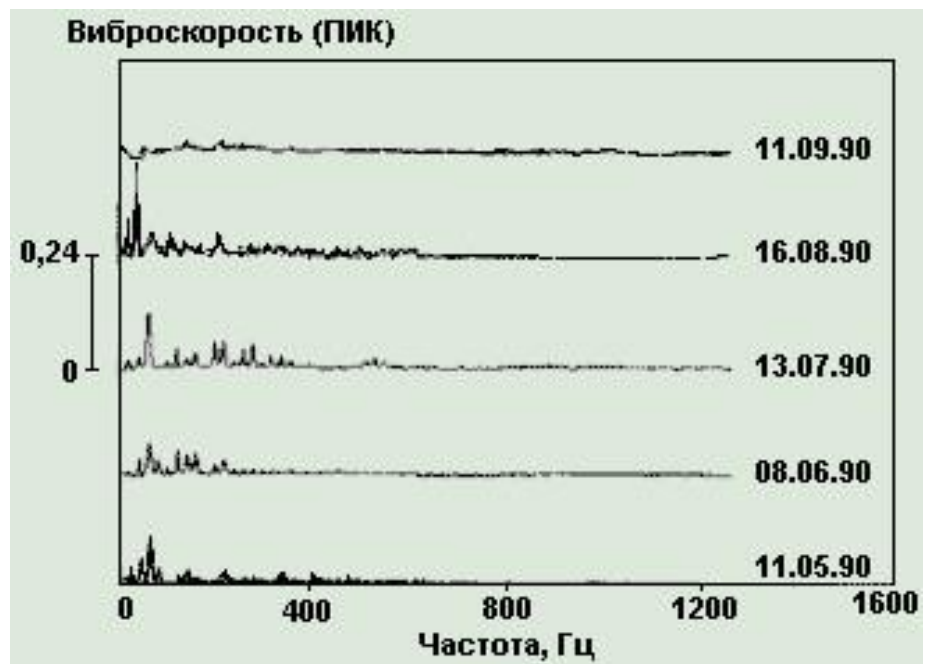


Рисунок 1.17 Спектр вібрації підшипника з ознаками значних ослаблень у з'єднаннях

У верхній частині мал.1.18 представлений спектр вібрації з дуже маленькою шкалою зміни амплітуди - усього до 0,76 мм/с , і максимальний пік не досягає цього рівня. Загальний рівень вібрації склав 2,8 мм/с (верхня права частина малюнка).

Важливо розуміти, що ознаки несправності підшипників кочення істотно інші, чим для інших видів дефектів.

Налаштувати аналізатор потрібно таким чином, щоб увесь час спостерігати живу картину зміни вібрації, причому одночасно самого сигналу і його спектра. Можна спостерігати форму хвилі, зображену в нижній частині мал.1.18, і, якби з машиною не було ніяких проблем, очікувано би побачити сигнал невеликої енергії, що не сильно відхиляється від лінії абсцис, причому повна шкала вимірів складала б приблизно $(-0,4 \dots + 0,4) \text{ g}$. Для даного ж насоса, як ми бачимо, розмах складає 6g , і це підказує, що в машині мають місце удари з високою енергією. Це не яскраво виражений періодичний імпульсний сигнал, що спостерігали раніше, але це лише тому, що проблема зайшла уже занадто далеко, до більш пізньої стадії розвитку ушкодження.

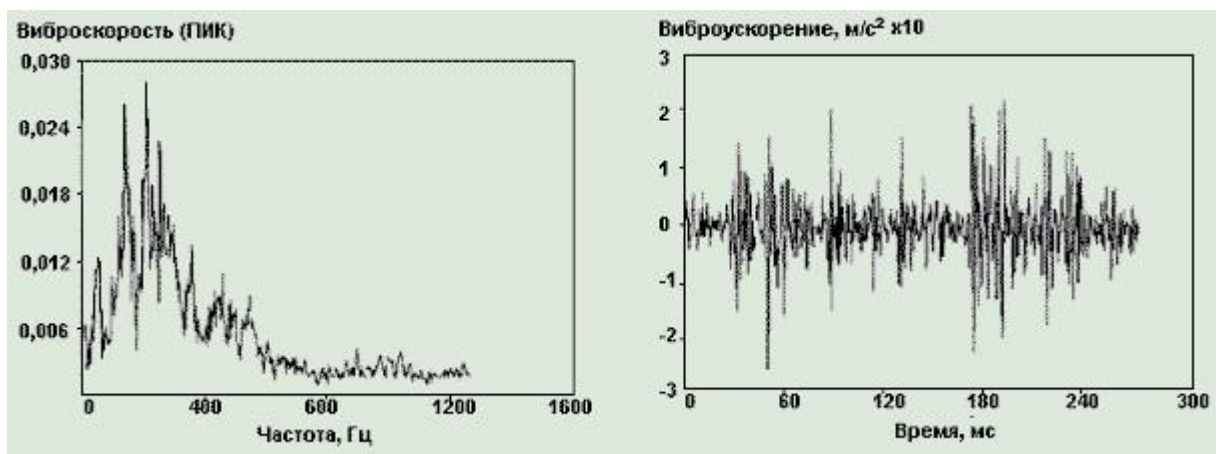


Рисунок 1.18. Спектр вібрації підшипника з малою шкалою зміни амплітуди.

Наступний приклад (мал. 1.19). Дані демонструють значну віброактивність машини на високих частотах. Амплітуди низькочастотних піків у районі 250-300 Гц стали вище, ніж на початку. Дефект одержав істотний розвиток за час менш одного тижня, коли в спектрі стали з'являтися самі нижчі гармоніки однієї з характерних частот підшипника.

На мал. 1.120 дані приведені у великому масштабі. Буквою D позначені гармоніки ВРФО - характерної частоти проходження зовнішньої доріжки кочення. Відзначимо відсутність у спектрі бічних смуг. Ледве лівіше ВРФО поставлений курсор на один з піків, що не лежить точно на пунктирній лінії. Цей курсор насправді відповідає частоті 54,5 Гц. Розрахункова частота ВРФО була

62,5 Гц, тому курсор відстоїть від ВРФО на 8 Гц. Природно, для 8, 10, 12 чи 15 гармоніки ВРФО розбіжність складе уже дуже значну величину.

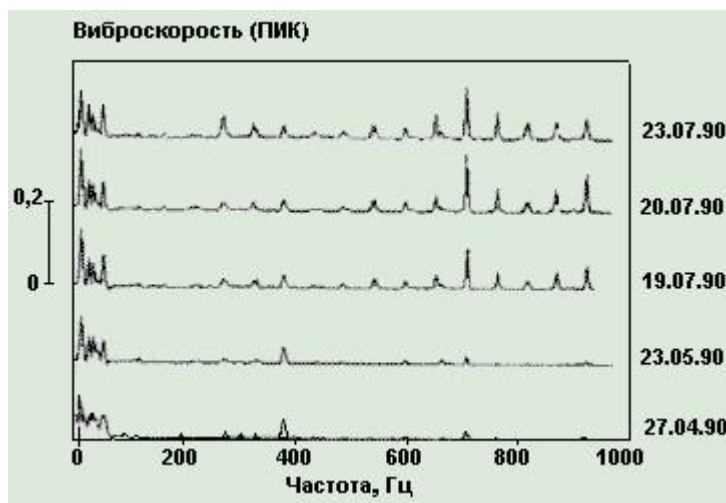


Рисунок 1.19. Спектр вібрації підшипника машини .

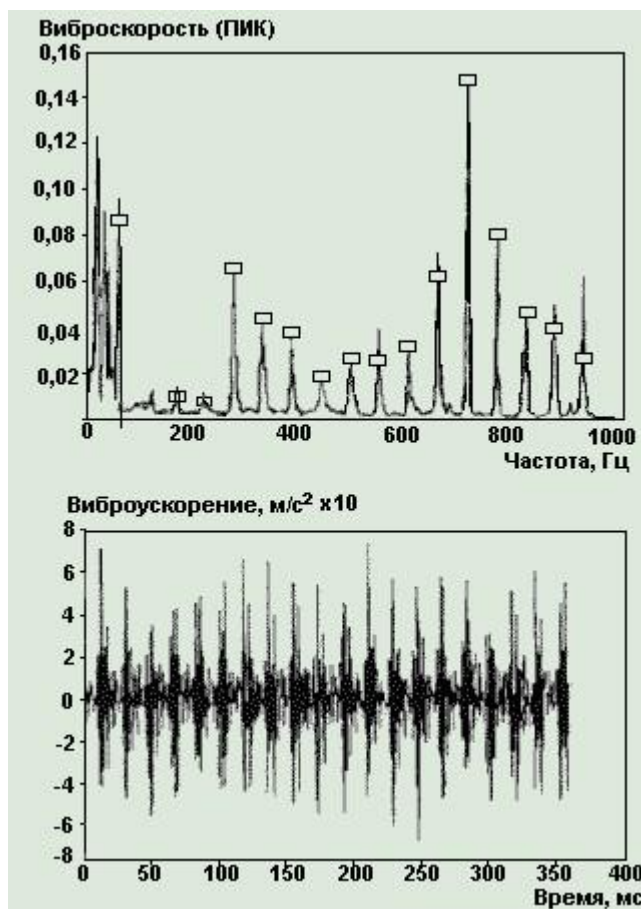


Рисунок 1.20. Спектр вібрації підшипника з розвинутим дефектом.

Перший курсор відповідає характерній частоті підшипника, можна потім допустити, що спектр містить багато гармонік цієї частоти і що вони не є гармоніками частоти обертання, а це - ознака несправності підшипника.

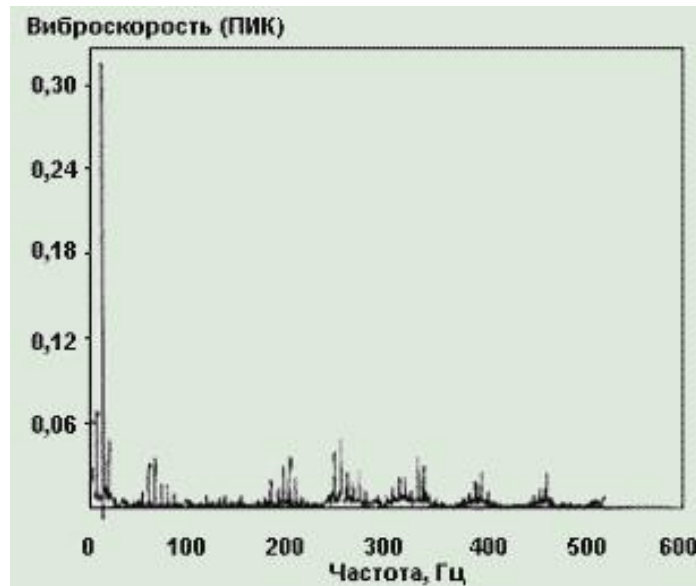


Рисунок 1.21. Спектр вібрації підшипника з тріщиною в доріжці кочення.

Відзначимо дуже цікаву особливість, яка впливає з роздруківки піків і яка може допомогти при аналізі. У спектрі є піки на частотах, одержуваних множенням частоти обертування на 9,28, 10, 28, 11,28 і 12,28. Інше сімейство піків відповідає частотам, кратність яких частоті обертування дорівнює 28,85, 30,85, 31,85, 32,84. Є й інші сімейства несинхронних піків, чи кратність порядок яких закінчується на 0,13, 0,42 і 0,7. Це несинхронні складові вібрації з бічними смугами з кроком, рівним частоті обертування. Можна легко знайти в роздруківці піків численні бічні смуги з кроком, рівним оборотній частоті. Це ознака зносу підшипника, зокрема, дефекту внутрішньої доріжки.

Даний приклад являє класичний приклад тріщини в доріжці кочення. Відзначимо рівномірну концентрацію енергії в бічних смугах, рівномірно розташованих по осі частот у діапазоні від 75-80 Гц до 460 Гц.

Причина, чому в низькочастотній області видно ознаку ослаблення з'єднань, - те, що тріщина розташована на внутрішньому кільці, що встановлюється безпосередньо на вал. Внутрішнє кільце не тримається на валу так щільно, як впливає, і ця невелика розхитаність приводить до невеликих биттів.

Часова форма сигналу, представлена на мал. 1.22 - типова імпульсна періодична форма зі стукотом і дзенькотом тіл кочення. Розмах коливань приблизно 4-4,5 g, що перевищує граничний рівень у 2 g. Причина, чому коливання не настільки сильні, - мала частота обертування вала, всього 6 Гц (360 об/хв).

На мал.1.23 показана група із семи піків, розташованих у діапазоні 800-1600 Гц і віддалених друг від друга на 93 Гц. Частота 93 Гц складає кратність 3,2 від частоти обертання машини. Спочатку така відстань піків один від одного могла бути зіставлена з частотою контактування тіл кочення чи ВРФО, але ні з тією ні з іншою частота 93 Гц не збігається. Значна енергія коливань і характерний вид часового сигналу припускав проведення подальших досліджень. На мал. 1.24 піки, позначені курсорами, відстоять на 92,46 Гц один від одного. Тут передбачається використання невідповідного змащення. Даний висновок підтверджується наявністю груп піків поза діапазоном 9-1600 Гц із кроком 80-130 Гц. Таке поведіння спектральних складових пояснюється особливістю резонансних властивостей даного конкретного підшипника.

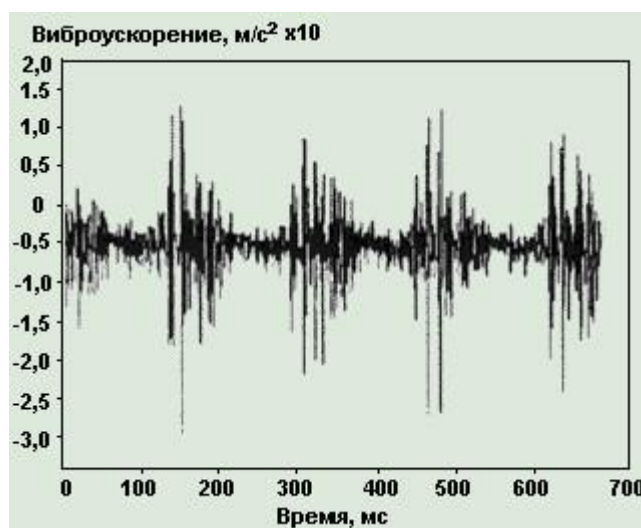


Рисунок 1.22 Часова форма сигналу.

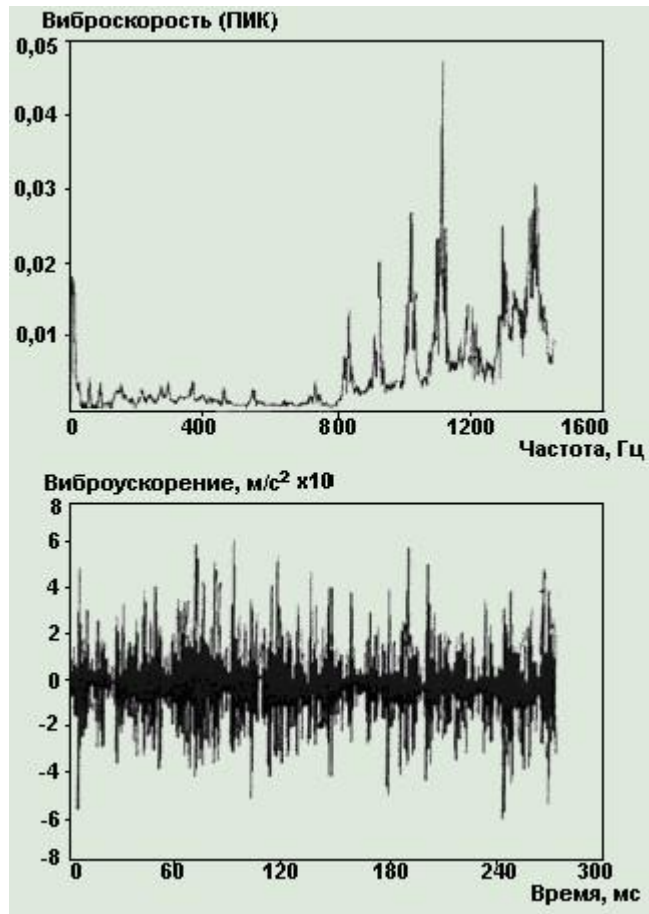


Рисунок 1.23. Спектр вібрації підшипника. Група із семи піків, розташованих у діапазоні 800-1600 Гц.

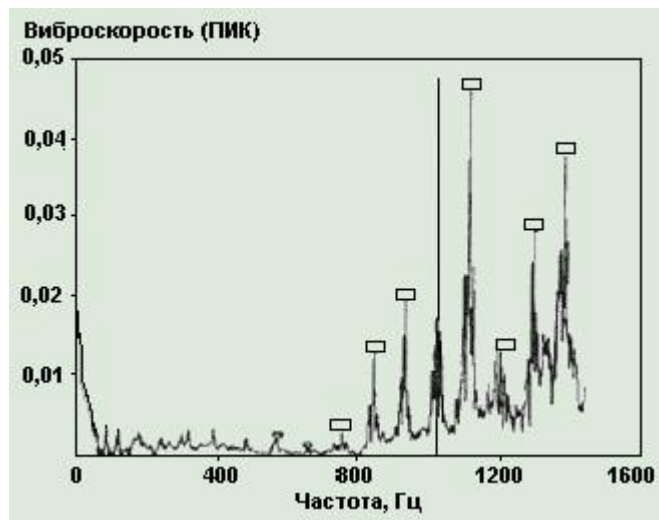


Рисунок 1.24. Спектр вібрації підшипника з невідповідним змещенням.

2. Технологічна частина

2.1 Системи моніторингу і діагностики машин

Традиційні методи технічного обслуговування об'єктів, застосовувані на промислових підприємствах можна розділити на двох категорій: експлуатація устаткування до виходу його з ладу і планово-профілактичне обслуговування (по календарних чи термінах ресурсу). Підвищення технічного рівня, якості і надійності машин, поліпшення їхнього використання зараз багато в чому залежить від засобів технічної діагностики. Тому багато фірм переходять на технічне обслуговування устаткування по стані – моніторинг і діагностика.

Системи моніторингу і діагностики механічних коливань можна розділити на чотири групи по ступені складності, апаратурному оснащенню і програмному забезпеченню.

Проста система моніторингу механічних коливань може бути реалізована у виді комбінації нескладного малогабаритного віброметра і стробоскопа. Віброметр повинний забезпечувати вимір загальних параметрів вібрації (віброзміщення, віброшвидкості і віброприскорення) у стандартних частотних діапазонах, а також мати можливість вимірювати параметри вібрації в інших частотних діапазонах (мати смугові фільтри нижніх і, що набудовуються, верхніх частот). Стробоскоп використовується для визначення частоти обертання вала машини і відносного переміщення їхніх деталей, а також для виявлення нестаціонарності частоти обертання ротора. Бажано, щоб віброметр мав рознімання для підключення навушників (для прослуховування механічних коливань машинного устаткування) і апаратури, що реєструє, (осцилографа, аналізатора). Для кожної машини може бути проведене порівняння загальних рівнів вібрації з встановленими в стандартах чи нормах з базовими значеннями вібраційних характеристик, обумовлених користувачем індивідуально для кожної моделі машини в конкретних точках контролю. Основне достоїнство цієї системи полягає в тому, що не потрібно затрачати багато часу на підготовку персоналу по віброконтролю машин. Недолік – виявлення відхилень від

нормального функціонування машини тільки при наявності істотних дефектів, що важко ідентифікувати за результатами віброконтролю. Для визначення причин збільшення вібрації машини можна використовувати аналіз зміни декількох параметрів вібрації (віброзміщення, віброшвидкості і віброприскорення), результати їхніх вимірів у різних частотних діапазонах і в різних точках контролю.

Оперативна система моніторингу механічних коливань може бути реалізована за допомогою переносних портативних аналізаторів. Вона дозволяє проведення аналізу спектрів вібрації і її часових реалізацій на місці експлуатації об'єкта контролю, проводити відразу оцінку технічного стану підшипників, агрегатів і визначати їхні дефекти. Аналізатор повинний мати можливість переглядати й аналізувати спектри вібрації за допомогою основних і бічних курсорів, порівнювати спектри вібрації між собою і виявляти їхньої відмінності. Несправності машин визначаються користувачем по діагностичних словниках.

Для рішення задач діагностики необхідний контроль фази коливань, тому аналізатор повинний мати датчик оборотів вала. Двоканальний аналізатор дозволяє для діагностики використовувати кореляційний аналіз коливань, взаємні спектри і функцію когерентності. Діагностика здійснюється по діагностичних словниках. Система не вимагає підготовки кваліфікованого персоналу і часу на визначення причин підвищеної вібрації.

Напівстаціонарна система моніторингу і діагностики реалізується на базі бортової ЕОМ з поділом функцій збору даних на місці й обробки їх у процесорному комплекті бортової системи.

Сучасний моніторинг стану машин заснований на зборі величезних об'ємів даних, з яких шляхом скрупульозного аналізу, можна зробити вивід про технічний стан машини.

З огляду на цей факт, багато фірм для моніторингу використовують вимірювальні накопичувачі чи аналізатори-збирачі даних, причому останні в даний час переважають. Вимірювальний накопичувач має переваги перед збирачем даних, тому що він реєструє часову реалізацію, яку можна неодноразово обробляти з метою пошуку нових істотних діагностичних ознак.

Він дозволяє транспонувати часову реалізацію (тобто провести запис сигналу на одній швидкості і відтворити на іншій), що дає можливість провести аналіз низькочастотних і високочастотних коливань звичайним аналізатором. Тому вимірювальний накопичувач необхідний при проведенні обстежень нових типів машин і вивченні причин нетрадиційних відмов, при дослідженні нестационарності вібраційного процесу.

В основному досить мати тільки збирачі даних - портативний аналізатор. Він повинний мати пам'ять для запам'ятовування спектрів і даних для його ідентифікації (місце експлуатації машини, її модель, технологічний номер, номер і дата обстеження, точка контролю вібрації, параметр вібрації, характеристики вузькосмугового спектру), проводити аналіз нестационарності вібраційного процесу і модальний аналіз складових частин об'єкта контролю, балансування обертових частин у власних підшипниках і ін.

Його доцільно доповнити мультиплексором, для проведення синхронного (у реальному часі) чи синхронізованого аналізу відразу в декількох точках контролю. Він необхідний і для зниження трудомісткості при проведенні балансування обертових деталей об'єктів. Один недолік системи – періодичний контроль технічного стану. Як правило, відмови складових частин машин при стаціонарному їхньому режимі роботи рідко мають раптовий характер. Від початку виникнення якої-небудь несправності і досягненні її розвинутої стадії (граничного стану машини) проходить кілька тижнів і навіть місяців.

Рекомендується проводити аналіз зміни спектрів вібрації машин через 800-1200 годин її роботи. Періодичність віброобстеження машин слід уточнювати по наробітку на відмову найбільш слабкого вузла машини.

Таким чином, напівстаціонарна система з неперервним віброконтролем машин і системою контролю основних показників роботи машини (температури, тиску й ін.) дозволяє вчасно виявляти несправності об'єктів контролю і виводити їх у ремонт. При наявності мультиплексора напівстаціонарну систему тимчасово можна використовувати як стаціонарну систему вібрормоніторинга і діагностики.

Системи неперервної моніторизації і діагностики (стаціонарні) застосовують для найбільш відповідальних вузлів і машин, відмова яких може привести до дорогих ремонтів, підвищенню небезпеки для життя і здоров'я працюючих і населення. Через високу вартість одного каналу вібрації (800-1200 дол.США) кількість точок на об'єкті контролю часто обмежують і, отже, дуже складно реалізувати повну його діагностику. Тому цю систему звичайно доповнюють напівстаціонарною системою, або системою неперервного моніторингу.

Відповідно до вимог нормативних документів вузли оснащуються системами керування і контролю основних показників режиму їхньої роботи. На базі цих систем реалізується їхня параметрична система моніторингу і діагностики, що доповнює віброакустичну систему.

Для аналізу й обробки зібраних даних на персональній ЕОМ багато фірм розробили пакети програм моніторингу і діагностики, при виборі яких необхідно стежити за тим, щоб вони відповідали вимогам національним стандартів України, дозволяли використовувати для моніторингу і діагностики машин програми інших фірм, а також вводити нові правила діагностики з урахуванням змін показників режиму роботи об'єкта.

В даний час на ринку пропонується різне вітчизняне і закордонне програмне забезпечення для систем моніторингу і діагностики /2,3/, яке можна підрозділити на чотири рівні.

Перший рівень – це найбільш прості і дешеві програми. Вони дозволяють створювати бази даних результатів віброконтролю машин й автоматизувати оцінку технічного стану їхніх складових частин за нормативним значенням вібраційних характеристикам.

Другий рівень – це системи, що використовують принцип заданих «порогів небезпеки» у визначених частотних смугах спектра вібраційних характеристик. У кожному частотному діапазоні можна задати до 6 –8 смуг різної ширини і з різними порогоми небезпеки. Наприклад, одна зі смуг може бути названий «Дисбаланс», друга – «Проточна частина», третя – «Зубчасте зачеплення» і т.д. Система оцінює - наскільки велике перевищення рівня вібрації, і в залежності від

його величини, видає короткі повідомлення, наприклад, «невеликий дисбаланс», «дисбаланс, що розвивається», «неприпустимий дисбаланс». Одним з недоліків системи є те, що вона не враховує зміни частоти обертання ротора і не реєструє екстремумі спектра, що не потрапили в задані користувачем смуги, а також використовує дуже прості правила діагнозів, що не дозволяють установити справжні причини зміни вібраційних характеристик. Наприклад, перевищення рівня на частоті обертання може бути викликано не тільки дисбалансом.

Третій рівень систем моніторингу і діагностики машин дозволяє обробляти не тільки їхні вібраційні характеристики, але і деякі параметри режиму роботи (звичайно розроблювачі пропонують враховувати частоту обертання ротора, а інші параметри повинні вибрати користувач). Параметри режиму роботи - одночисельні дані, тому легше піддаються обробці в порівнянні з вузько смуговими спектрами вібрації. Потрібно тільки враховувати те, що ці величини можуть, як рости, так і убувати. Тому в системі передбачають два рівні «порога небезпеки» при збільшенні параметра і при його зниженні.

Для виявлення несправностей по спектрах вібрації в системі використовується набір граничних рівнів у виді «масок» для кожного об'єкта. При використанні набору «масок», що охоплюють весь частотний діапазон, істотні зміни складових спектра вібрації в контрольних точках будуть виявлені і система дає повідомлення про можливу несправність, але зміна частоти обертання також не враховується. Для оцінки несправності система має файли «частот несправностей», які необхідно враховувати для конкретного об'єкта. Протокол повідомлення користувачу звичайно містить у собі наступні дані: частота, порядок кратності, ширина піка, рівень, граничний рівень і перевищення. Система обробляє кожен спектр по окремі.

Четвертий рівень систем моніторингу і діагностики машин – експертні системи. Однією з перших таких систем є програмне забезпечення Expert ALLERT (фірма DLI, США) /2/. Ця система містить у собі систему третього рівня і на початковій стадії працює аналогічно їй, а також включає розширені засоби діагностики й експертну систему. Відмінність експертної системи фірми DLI починається з того, що вона нормує всі її дані щодо робочої швидкості, щоб

виключити її варіації на спектр, що можуть привести до зрушення піків у порівнянні з «маскою». Потім система переходить до аналізу «характерних рис». Особливості – це частоти, виділені при настроюванні системи. Фірма DLI використовує дані порядкового аналізу, тобто гармоніки частоти обертання. Дані представляються для кожної машини двома спектрами: діапазон низьких частот, наприклад від 0 до 10 гармонік і діапазон високих частот - від 0 до 100 гармонік. Для багато валових машин частота обертання одного вала приймається як вихідна частота першого порядку, а частоти стосовні до іншого чи валу валам, визначаються відомими співвідношеннями. Для оцінки технічного стану використовується 14 порядків (10 з яких попередньо вибирає експерт, два з найвищих піків у низькочастотним діапазоні і два – у високочастотному) і рівень «підлоги», нижче якого знаходяться амплітуди 70% що залишилися складових високочастотного діапазону. Далі системою проводиться кепстральний аналіз (для визначення частот, які мають гармоніки) і перевірка діагностичних правил для об'єкта контролю (наприклад, не варто шукати ознаки зносу зубчатої пари, якщо її немає). Якщо правило підходить, то критерій несправності застосовується по всім зібраним даним для конкретних об'єктів. Пакет програм використовує логічну схему, у якій враховується чи наявність відсутність піків на декількох частотах (більш зроблені діагностичні правила) і в різних точках контролю. Коли всі несправності розпізнані, програма приступає до другої стадії діагнозу: видає рекомендації, що робити. Найважливішою особливістю експертної системи, що вона може використовувати ускладнену логіку для визначення діапазонів і обробляти дані по всій машині в цілому, а не кожен спектр окремо.

Слід зазначити експертну систему моніторингу і діагностики фірми BENTLI NEVADA (США), що дозволяє оцінювати технічний стан машин і надійно визначати причини його зміни. Контролюються й аналізуються відносні коливання ротора в підшипниках, орбіта вала, середнє положення шийок ротора, фаза гармонік оборотної частоти і графіки повного спектра. Фірма SPM (Швеція) розробила метод ударних імпульсів для діагностики підшипників кочення. Її

системи моніторингу і діагностики успішно використовуються при оцінці технічного стану підшипників кочення машин.

При створенні систем моніторингу і діагностики машин і устаткування підприємства необхідно вирішити питання по підвищенню надійності й оптимізації режиму їхньої роботи. Об'єкти контролю, що мають слабкі вузли необхідно чи модернізувати замінити, як і об'єкти, що працюють у хитливому діапазоні. Необхідно оцінювати технічний рівень нових об'єктів до введення їх в експлуатацію і при їхньому чи виробництві ремонті контролювати стабільність якості.

Одним з важливих етапів розробки технічної діагностики є роботи з визначенню діагностичних ознак, обсяг і інформативність яких, повинні в принципі враховувати особливості прийнятих на стадії проектування конструкторських і технологічних рішень, якість виготовлення і монтажу, досвід експлуатації об'єктів - прототипів і особливості умов експлуатації об'єктів діагностики. В міру збору статистичних даних перелік діагностичних ознак повинний уточнюватися й удосконалюватися вирішальні правила розпізнавання дефектів.

3. Конструкторська частина

3.1 Стандарти ISO/TC 108 в області діагностики машинного устаткування

Апробування протягом останніх десятиліть сучасних методів обробки й аналізу даних, організації контролю і моніторингу технічного стану механічного, електромеханічного устаткування, представлення і передачі інформації і т.п. сприяло розробці рекомендацій з діагностування, що добре зарекомендували себе у світовій практиці. ISO/TC 108 «Механічна вібрація й удар» розроблений ряд міжнародних стандартів, спрямованих на забезпечення порядку, технології виміру і контролю стану обертових машин.

Діагностування машинного устаткування необхідно забезпечувати за рахунок реєстрації й аналізу цілого комплексу параметрів, що найбільше повно відбивають технічний стан конкретного типу машини.

У загальному випадку рекомендується фіксувати наступні характеристики:

- температура,
- тиск і ступінь стиску,
- витік робочого середовища,
- сила струму і напруга,
- опір,
- вхідна і вихідна потужності,
- шум і вібрація,
- тиск і витрата мастила,
- трибологічні властивості мастила,
- обертовий момент,
- швидкість,
- подовження деталей,
- кутове положення, – КПД.

Аналіз вищевказаних характеристик необхідно проводити спільно, оскільки між ними існує взаємозв'язок. Загальні вимоги на збір і аналіз ці даних, методи контролю, критерії і границі зон станів і інших важливих факторів регламентовані в стандарті [1]. У продовження до викладеного, у стандарті [2]

для 9-и основних типів машин (електродвигуни, парові, авіаційні і промислові газові турбіни, насоси, компресори, електрогенератори, вентилятори, двигуни внутрішнього згоряння) відзначені найбільш типові несправності і їх симптоми. У табл. 3.1 на прикладі двигуна приведена діагностична матриця, що рекомендується. З неї видно, що 8 з 10 типових дефектів компресора можуть бути виявлені за допомогою вимірів рівня вібрації.

Таблиця 3.1 Таблиця контролю технічного стану машин

Несправність	Симптом чи зміна параметра								
	Витік газу/рідини	Лінійний розмір	Потужність	Тиск чи вакуум	Швидкість	Вібрація	Температура	Забруднення мастила	Витік мастила
ушкодження робочого колеса		*	*	*	*	*	*	*	
ушкодження ущільнення	*	*		*	*			*	
погіршення форми робочого колеса			*	*	*	*	*		
ушкодження підшипників		*	*		*	*	*	*	*

знос підшипни ків		*				*	*	*	
несправніс ть системи охолоджен ня	*			*			*	*	
несправно сті клапанів	*			*		*	*		
погрішніст ь монтажу						*			
дисбаланс						*			
неспіввісн ість валів		*				*			

Контроль цих і інших основних діагностичних параметрів, розглянутих у стандарті [2], припускає комплексне використання параметричної, трибологічного, вібраційного й іншого методів діагностики. Їхній аналіз і області застосування в сучасному устаткуванні даний у роботі [3].

Особливу увагу при діагностуванні необхідно приділяти забезпеченню необхідного рівня вірогідності результатів контролю і прогнозування зміни стану. У стандарті [4] по бальній шкалі регламентовані різні фактори, що відбивають можливість виявлення несправності, точність діагностування і прогнозування, правильність використовуюваного методу при контролі стану і ризик uszkodження машини від впливу несправності. Зазначені основні положення по визначенню кількісних характеристик цих параметрів із застосуванням сучасної обчислювальної техніки дозволяють визначити, у тому числі, і ефективність системи діагностики.

Практичний досвід показав, що для контролю технічного стану вузлів машинного устаткування вібраційний метод є одним з найбільш інформативних. Основним і одночасно найпростішим способом оцінки стану машин є визначення їхньої відповідності нормам за інтегральним критерієм вібрації. Він заснований на допущенні, що подібні по потужності, висоті осі обертання, частоті обертання, способу установки, умовам монтажу й експлуатації агрегати мають приблизно однакові припустимі значення механічних коливань при досягненні граничного стану.

Питання нормування вібрації різних типів машин докладно розглянуті в роботі [5], де проаналізовані основні національні стандарти, деякі з яких є автентичним текстом однойменних ISO. Вони представляють норми на вібрацію як на необертючих частинах, так і на обертючих валах для великих стаціонарних парових турбін і генераторів, різних промислових машин, газотурбінних установок. У них зазначено, що на відміну від раніше діяли ISO 2372, VDI 2056 і інших стандартів, у [6, 7] крім оцінки стану машин за абсолютним значенням вібрації (характеризуючі зони стану A, B, C, D), уведений додатковий критерій по зміні цих значень. Він заснований на порівнянні обмірюваної величини широкосмугової вібрації з еталонним (опорним) значенням кожного вузла агрегату в сталому режимі роботи (базовою лінією), що визначається по досвіду експлуатації цієї машини.

У більшості випадків вважається, що зміни рівня коливань убік збільшення чи зменшення на 25% значення верхньої границі зони B варто розглядати як істотні, навіть коли ще не досягнута границя зони C за першим критерієм. Це передбачає проведення діагностичного обстеження з метою виявлення причин такої зміни і запобігання виникнення небезпечних ситуацій. Важливість цього підходу полягає в тому, що незалежно від вихідного рівня вібрації, значимі зміни будуть замічені і використані для діагностування виниклих дефектів.

На додаток до питань нормування вібрації варто виділити основні положення по поршневіх машинах, розглянуті в міжнародному стандарті [8]. Оцінці піддаються середнє квадратичне значення (СКЗ) вібропереміщення, віброшвидкості і віброприскорення смузи частот від 2 до 1000 Гц. При цьому

регламентується розташування контрольних точок для машин з вертикальним, опозитним і V-образним розташуванням циліндрів. На мал. 4.2 з боку привода показане розташування точок контролю.

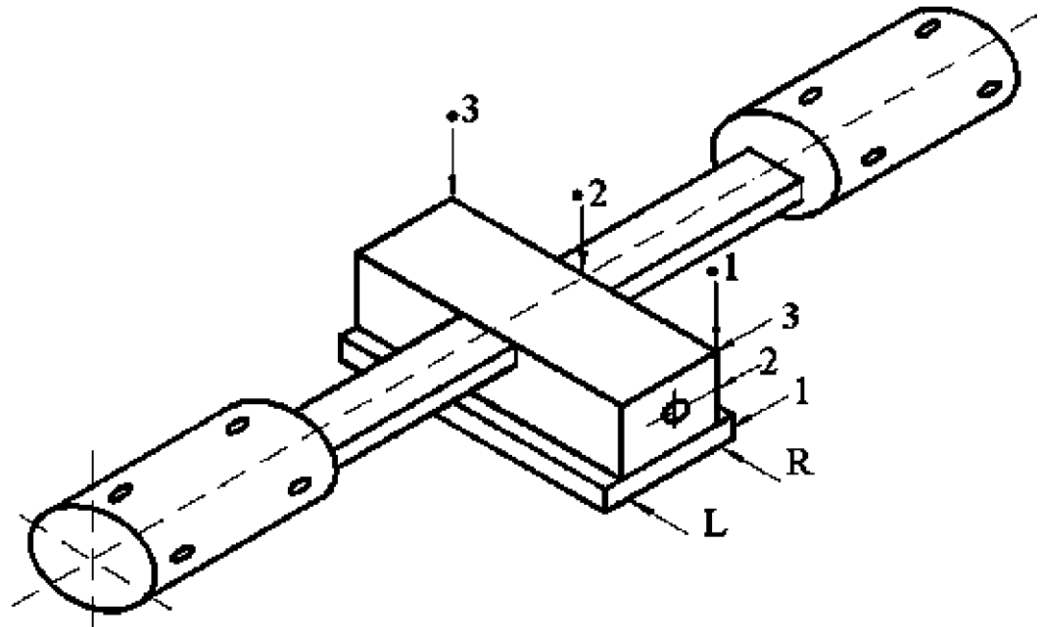


Рисунок 3.1 Розташування точок виміру вібрації машини з опозитним розташуванням циліндрів (з боку привода): L - ліва сторона виміру; R - права сторона виміру;

*1, *2, *3 - контрольні точки;

Рівні виміру: 1 - підстава машини; 2 - рівень колінвала; 3 - верхня крайка бази. Як критерій використовується інтенсивність вібрації, що визначається максимальним значенням з обмірюваних СКЗ зсуву, швидкості і прискорення.

У табл. 2 показано границі зон вібраційного стану машини:

1. вібрація знову введеної в експлуатацію машини;
2. машини з вібрацією в цій зоні звичайно вважаються придатними для тривалої безупинної експлуатації;

3. машини з вібрацією в цій зоні звичайно вважаються незадовільними для тривалої експлуатації. Машини в такому стані можуть працювати протягом обмеженого часу;

4. значення вібрації в межах цієї зони звичайно вважаються досить інтенсивними, щоб викликати ушкодження машини.

Таблиця 3.2 Класифікаційні номери й оцінні норми інтенсивності вібрації машин зі зворотно-поступальним рухом

Ступінь інтенсивності вібрації	Граничні значення загальної вібрації, обмірюваної на корпусі машини			Класифікаційний номер вібрації						
	зміщення мкм, (СКЗ)	швидкість, мм/с (СКЗ)	Прискорення м/с ² (СКЗ)	Оціночні зони						
				1	2	3	4	5	6	7
1,1	≤17,8	≤1,12	≤1,76	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B	A/B
1,8	≤28,3	≤1,78	≤2,79							
2,8	≤44,8	≤2,82	≤4,42							
4,5	≤71,0	≤4,46	≤7,01							
7,1	≤113	≤7,07	≤11,1							
11	≤178	≤11,2	≤17,6	D	C					
18	≤283	≤17,8	≤27,9	D	C					
28	≤448	≤28,2	≤44,2	D	C					
45	≤710	≤44,6	≤70,1	D	C					
71	≤1125	≤70,6	≤111	D	C					
112	≤1784	≤112	≤176	D	C					
180	≥1784	≥112	≥176	D	C					

Слід зазначити, що в даний час узагальнені статистичні дані тільки по промислових і суднових дизельних установках, що класифікуються номерами 5, 6, 7. По інших типах машин, у тому числі і газових поршневих компресорах, даних поки недостатньо.

У зв'язку з тим, що в даний час розроблене і введено в дію досить багато стандартів по вібраційній діагностиці, то з метою їхньої систематизації в документі [9] викладені загальні вимоги для віброконтролю машинного устаткування. Узагальнено основні положення на вибір апаратної частини: засобів виміру (on- чи off-line), підсилювачів сигналів, перетворювачів, а також зазначені вимоги за умовами кріплення і місць установки датчиків на частинах машини. У відповідність зі стандартами [6, 7], коротко дані основні рекомендації з проведення вимірів абсолютної і відносної широкосмугової вібрації.

У якості додаткової корисної інформації, викладеної в документі [9], варто виділити опис особливостей пристрою і застосування, типових робочих характеристик 3-х основних видів перетворювачів: акселерометрів, велосиметрів і датчиків переміщення. На мал. 3.5 у графічній формі представлені рекомендації з їхнього вибору.

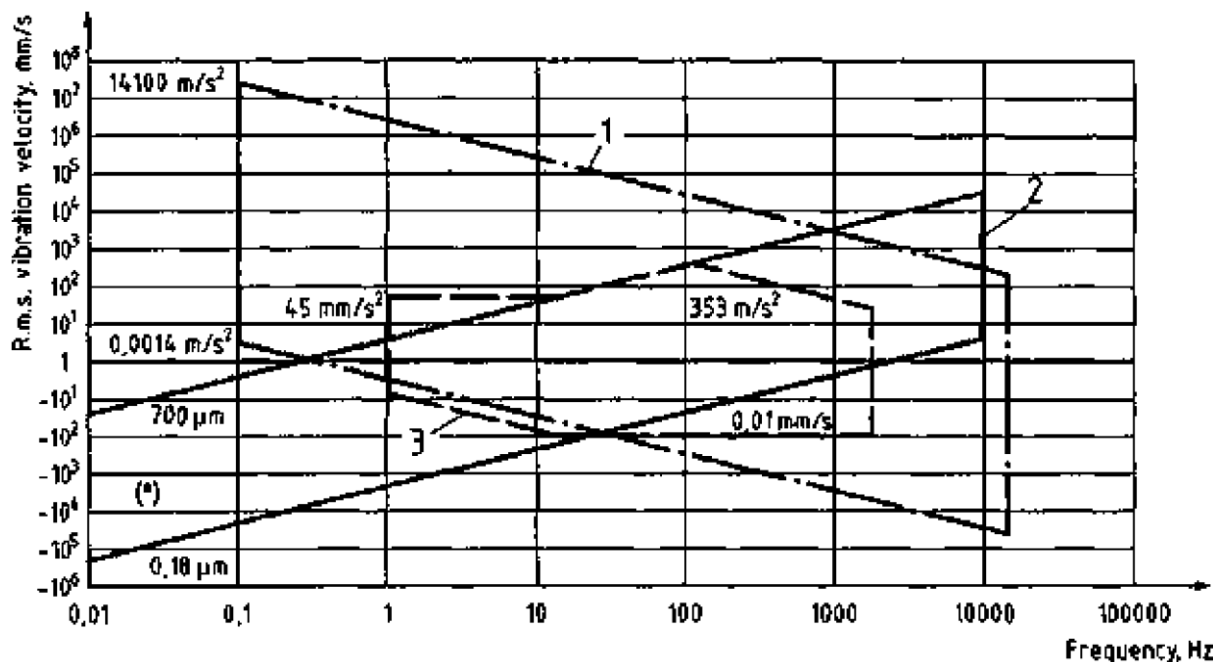


Рисунок 3.2 - Динамічний діапазон типових перетворювачів:

1 - п'єзоакселерометр; 2 - вихретоковий проксиметр; 3 - електромеханічний велосиметр.

Як довідковий матеріал для всіх основних промислових машин зазначені контрольовані параметри вібрації, найбільш кращі місця установки, орієнтація і типи датчиків. Більш конкретна інформація з контролю і норм кожного з цих типів машин представлена в зазначених посиланнях на відповідні частини стандартів ISO 10816 і ISO 7919.

Моніторинг стану машини вимагає періодичного контролю вібрації у визначених контрольних точках системами on- чи off-line. Установлені границі зон стану, рекомендовані в стандартах [6, 7], необхідно використовувати, у тому числі і для того, щоб визначити інтервал контролю, що змінюється в залежності від величини вібрації, що спостерігається, чи швидкості зміни. На мал. 3 показаний типовий тренд вібрації, де поточна величина знаходиться в зоні <В>. У залежності від закону зміни швидкості (лінійний, нелінійний) і її величини, тимчасові інтервали можуть залишатися колишніми чи може бути запланований більш частий контроль з наступним проведенням діагностування.

Якщо прогнозується перевищення максимально-допустимої амплітуди до наміченого технічного обслуговування, необхідно підтвердити швидкість збільшення безупинним чи більш частим контролем і перенести термін наступного обслуговування.

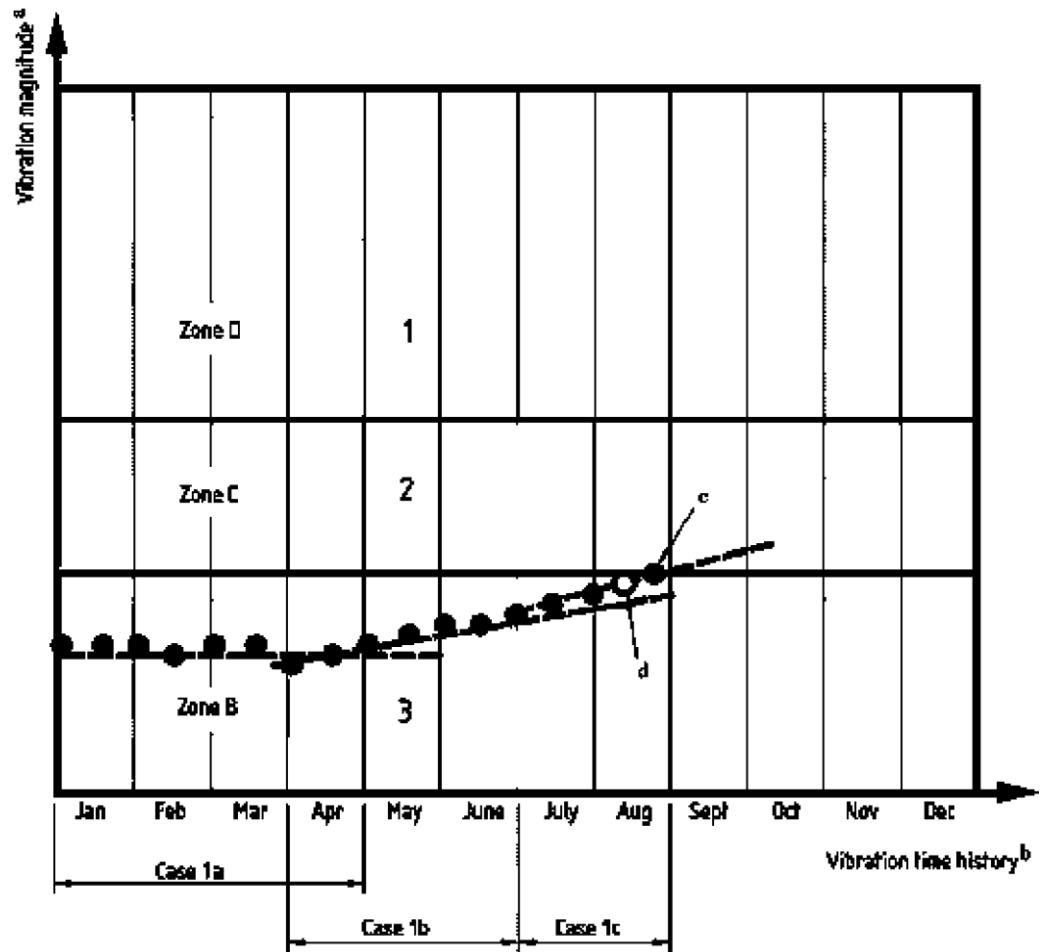


Рисунок 3.3 Тренд широкосмугової вібрації, обмірюваної на обертовому валу чи опорі машини. Величина вібрації знаходиться в зоні «В»: 1 - потрібно втручання; 2 - тривога; 3 - нормально; а - пік-пік переміщення (мкм) чи СКЗ швидкості (мм/с); b - для визначення границі вібрації, див. ISO 7919 чи ISO 10816; c - прогнозована координата необхідного втручання; d - потрібно додаткова точка через 48 годин.

У сучасних стандартах відзначається, що метод визначення вібрації в широкій смузі частот у ряді випадків не є достатнім для оцінки технічного стану машини. У них показана необхідність застосування аналізу частотних складових вібрації, їхніх фазових співвідношень, огинаючої, кепстрального аналізу й інших методів, що знайшли широке застосування.

Однак встановити відповідні критерії і норми оцінки технічного стану, через індивідуальні особливості конструкцій вузлів і машин у цілому поки не представляється можливим.

Незважаючи на це, у стандартах ISO, розроблювальних останнім часом, вказуються загальні рекомендації для застосування різних методів аналізу.

Основні положення для проведення спектрального аналізу приведені в [9], де відзначені основні дефекти і гармоніки вібрації (1х, 2х и т.д.), на яких вони виявляються. Найбільш характерні несправності машин і відповідні частотні складові показані в табл. 3.5 Ступінь розвитку цих і інших дефектів, визначається шляхом порівняння поточних спектрів з опорними, обмірюваними при введенні машини в чи експлуатацію після капітального ремонту.

Таблиця 3.3 Деякі дефекти вузлів машин і їх вібраційні характеристики

Причина	Частотні характеристики вібрації	Примітка (Вимір фази може надати додаткову інформацію)
Дисбаланс	1х	Дисбаланс дає зміни вектора на 1х гармоніці. Вібрація буде найбільшій, коли швидкість обертання збіжиться з критичною швидкістю ротора. Істотна зміна фази вібрації відбудеться при проходженні через критичні швидкості.
Неспіввісність валів	1х, 2х чи гармоніки більш високих порядків	Кутова/рівнобіжна неспіввісність виникає через геометричні неточності з'єднання валів. Це приводить до порушення вібрації через вигин вала. У деяких випадках, осьова складова вібрації може мати приблизно ту ж амплітуду, що і радіальні складові.

<p>Цапфа вала підшипника експлуатаційний стан/геометрія</p>	<p>Субгармоніки -чи 1х, 2х, 3х</p>	<p>Зміни експлуатаційного стану чи підшипника його геометрії можуть бути причиною зміни сталої вібрації в 1х і гармонік більш високих порядків, чи нестабільності субгармонік (вихрове змащення чи сухий вихор). В останньому випадку вібрація звичайно хитлива і може збільшитися в часі, причому достатньо швидко.</p>
<p>Шейки вала з погрішностями форми</p>	<p>1х і для некруглих шийок валів - гармоніки оборотної швидкості обертання</p>	<p>Значення вібрації можуть бути аномальними при низьких швидкостях ротора, як і при проходженні ротора через критичні швидкості. При установленій швидкості ротора, значення вібрації постійні.</p>
<p>Ослаблення вузлів ротора</p>	<p>1х і гармоніки швидкості обертання</p>	<p>Значення вібрації можуть бути безладні і непослідовні між наступними циклами пуску-зупинки. Іноді можуть спостерігатися субгармоніки.</p>
<p>Теплова асиметрія</p>	<p>1х</p>	<p>Вона може бути викликана нерівномірною вентиляцією ротора, короткозамкнутістю електричної чи обмотки нерівномірною посадкою вузлів. Характеристики вібрації при</p>

		вигині ротора ті ж, що і при дисбалансі, але не стабільні.
Дефекти в зубчастих передачах	Вищі частоти відповідають гармонікам зубчатої частоти / частотам обертання зв'язаним з ними бічним смугам	Виявлення цих дефектів вимагає застосування високочастотних датчиків. При дефекті одного зуба: 1х і кратні гармоніки. Для зношених зубів: зубчаті частоти з бічними смугами (модуляціями) і кратними гармоніками.

Більш докладно методи аналізу вібрації для діагностування вузлів машин планується розглянути в документах [10, 11], що у даний час перебувають у стадії розробки. Ці стандарти передбачається ввести в дію в 2004 р.

Через те, що більшість діагностичних систем розроблявся незалежно друг від друга, то стає актуальним питання про їхню сумісність. У стандарті [12] зазначені основні вимоги до відкритих систем, що дозволяють збирати, обробляти, передавати і представляти інформацію за допомогою різних пакетів програмного забезпечення і комп'ютерних платформ. Крім того, ці системи повинні містити інформацію про тип і місця установки перетворювачів, джерелах дані виміри, порозі спрацьовування попереджувальної сигналізації.

У рамках угоди MIMOSA правила ідентифікації місця розташування датчика, типу, орієнтації для установки на частинах машини у виді алфавітноцифрових символів описані в стандарті [9]. Головною його метою є встановлення рекомендацій для уніфікації даних діагностичних систем, комп'ютерних систем керування експлуатацією, експлуатаційних журналів - для забезпечення можливості створення загальної інформаційної системи керування машинного устаткування [12].


Для передачі даних можуть використовуватися різні методи. Вилучений доступ до баз даних на сервері за допомогою мови програмування SQL, може

здійснюватися через мережу за допомогою протоколу зв'язку RDA. Стандарт XML забезпечує передачу даних по мережах Інтернет/Інтранет для різних комп'ютерних платформ. Також можуть використовуватися формат MMS і об'єктно-орієнтований метод передачі даних CORBA. При цьому файли мають двійкову форму чи кодування ASCII, що можуть бути експортовані/імпортовані комп'ютерними системами.

Відкриті інформаційні системи повинні підтримувати формати для передачі числових архівних даних, спектральних даних БПФ і з постійною відносною шириною смуги, часової реалізації сигналу, температурних полів і робочих параметрів машини. Аналіз вібрації повинний містити в собі різні методи. Крім розглянутих, рекомендується проводити дослідження орбіти вала, вібрації на розбігу-вибігу, вейвлет-аналіз і інші.

Відображення отриманої й обробленої інформації на моніторі здійснюється в 5-и зонах екрана (мал. 3.7), що дозволяє швидко оцінити поточне технічний стан вузлів машини, їх залишковий ресурс і вчасно підготуватися до подальших можливих дій (заміна, ремонт, зміна мастила і т.п.).

Необхідно відзначити, що вимоги, встановлені в сучасній міжнародним і більшості вітчизняних стандартів, враховують індивідуальні особливості машин по їхній динамічним, жорскісним, віброакустичним властивостям. Це забезпечує більш гнучку систему технічного діагностування й обслуговування, спрямовану на підвищення безпеки експлуатації й ефективності виробництва.

Зона 5	<u>Опис</u>	
Тип, номер устаткування: Дата: Час:	мер 03.06.2006 14:51	Двигун поз. «В»
Зона 4	<u>Дії, що рекомендуються</u>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Замінити підшипник 2. Замінити мастило 	
Зона 3	<u>Прогноз</u>	
	А. Очікуваний ресурс 188 година.	
	В. Збільшення ресурсу може бути досягнуто заміною мастила	
Зона 2	<u>Оцінка безпеки</u>	
Показник безпеки  2 (ідеал = 10)	Діагноз 1. Розтріскування підшипника	
Зона 1		

Оцінка стану

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....
.....
.....
.....
.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

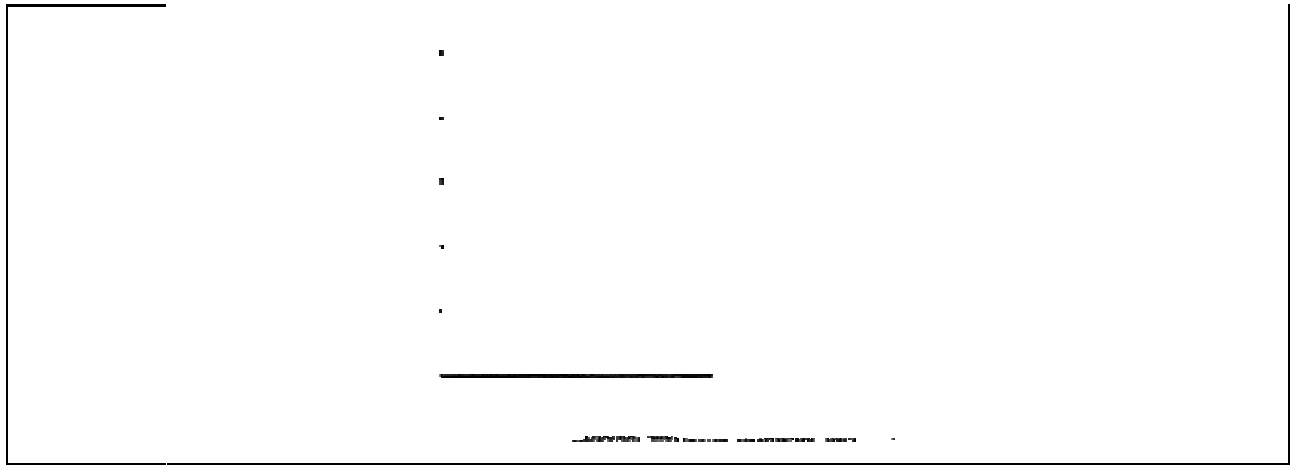


Рисунок 3.7 Приклад відображення діагностичної інформації при контролі стану двигуна

3.2 ВИБІР ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ТА ДАВАЧІВ

3.2.1 Засоби частотного аналізу вібрацій контролю зносу підшипників і дисбалансу осей

Частотний аналіз - ключова технологія спеціалізованого тех. обслуговування.

У технологічному устаткуванні і технологіях кожен обертовий механізм має свої власні частотні характеристики. Зміни в режимі роботи, наприклад, обумовлені неприпустимим дисбалансом ушкодженням чи підшипників, завжди залишають після себе свої динамічні характеристики.

Ключ до спеціалізованого тех.обслуговування - цілеспрямоване завчасне розпізнавання ушкоджень за допомогою частотного аналізу в запобіганні можливих невідновлюваних відмов.

Контроль за критичними вузлами установок, наприклад, насосами, компресорами, повітродувками, коробками передач і електромоторами може здійснюватися за допомогою частотного аналізу.

Інноваційна апаратна частина

Компактна система діагностики Efactor octavis використовує методику аналізу частотних коливань сигналів вібрацій. З якості датчика служить мікромеханічний датчик прискорення. Дані можуть бути отримані, і оброблені децентралізовано без спеціальних відомостей про цей технологічний процес.

Неперервний контроль

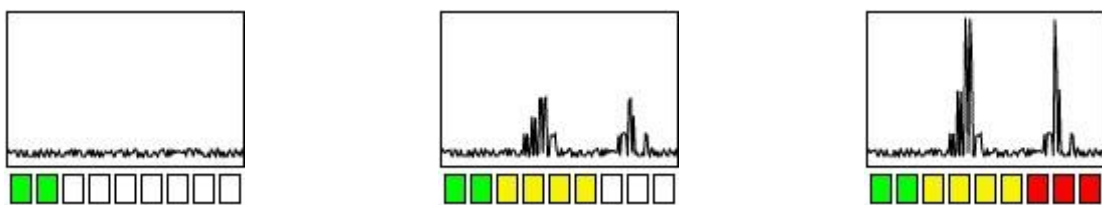
Efactor octavis підходить для раннього розпізнавання ушкодження чи підшипників дисбалансу. Безперервний контроль пропонує надійне і фінансово ефективне рішення в порівнянні з періодичними методиками.

Прилад типу контролює до двох різних об'єктів. Прилад типу VE1001 має можливість контролю до 5 різних об'єктів чи 20 різних частот. Один об'єкт визначається як один чи підшипник одна вісь.

Інтегрований частотний аналіз

Механічний (корпусний) шум передається на корпус приладу, розраховується й оцінюється спектр частот, приміром, стан підшипників, дисбаланс та інше. Індикація мається безпосередньо на корпусі приладу і передається на цифровий вихід приладу.

Дискретний сигнал може передаватися через неекрановану проводку. Також можливе підключення до промислової системи передачі даних.



Робочий стан ОК Попередження про Критичний сигнал ушкодження
з моменту прогресуюче ушкодження виникнення

Рисунок 3.4 Приклади індикації VB1001 стану діагностованого вузла

Умови експлуатації

Просте параметрування на на PC та спеціалізованому бортовому контролері.

Параметрування Efactor octavis відбувається через RS 232-інтерфейс безпосередньо на ПК (артикул Nr. E11572). Надійний монтаж

efactor octavis монтується в радіальному напрямку щодо осі обертання. Хід сигналу може перевірятися за допомогою імпульсного тесту (артикул Nr. E30082).

Введення в експлуатацію натисканням клавіші

Після монтажу натиснути клавішу "Teach" – efactor octavis навчиться умовам експлуатації, що рекомендуються.



Рисунок 3.5 Загальний вигляд Efactor octavis

Efactor octavis для діагностики підшипників і дисбалансу

Діагностування підшипників

Причини ушкоджень: знос, ушкодження робочої поверхні (ходової частини), проблеми зі мастилом. Efactor octavis контролює внутрішнє і зовнішнє кільце й обкатаний елемент підшипника. Щоб контролювати руйнівні частоти цих елементів, необхідні наступні дані:

- геометричні параметри підшипника (число підшипників, діаметр підшипника, а також окружність підшипника чи DIN-маркірування)
- Робоче число обертів

Застосування для визначення дисбалансу

Efactor octavis виявляє неприпустимий дисбаланс за короткий проміжок часу. Діагностика уможливорює попередити проблему на ранній стадії до того як це може призвести до аварії. Щоб контролювати дисбаланс, необхідно задати параметри "робоче число обертів".

Огляд продукції - технічні специфікації

Визначення ушкоджень підшипників за допомогою частотного аналізу

- Оптимальний режим експлуатації механізмів завдяки постійному контролю.

- Зниження витрат за допомогою раннього виявлення ушкоджень підшипників.
- Компактна конструкція: датчик і електроніка для діагностики в одному корпусі.

Діагностика до двох різних підшипників

VB1001 - діапазон частот 3...6.000 Hz

Діагностика до 20 частот, що задаються, у спектрі

VE1001 - область частот 3...6.000 Hz VE1002 - область частот 0,125...500 Hz

Кабель зі штекерним гніздом

E10966 - кабель зі штекерним гніздом 2m (PUR), прямий E10967 - кабель зі штекерним гніздом 5m (PUR), прямий

E10954 - кабель зі штекерним гніздом 2m (PVC), прямий

E11664 - Y-сполучний кабель M12 штекер / з'єднання 2x M12

Оснащення

VES001 - експертне ПО для частотної діагностики

E11572 - кабель для зв'язку з ПК 3m (PUR), M8 штекер / Sub D роз'єм

E30080 - блок живлення 24VDC

E30082 - імітатор імпульсної послідовності для імітації механічних імпульсів **VB1001**

Монітор аналізатор обертового елемента Підключення роз'ємами M12 x 1 і M8 x 1

“спектральний аналіз Envelope-curve FFT аналіз тенденції“



3.6 Diagnostic systems аналізатор обортового елемента **VB1001**

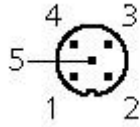
Таблиця 3.6 Технічні характеристики VB1001

Застосування	Діагностика до двох різних опор
Електроживлення, спосіб підключення навантаження	елементів обертання ДС ПНП
Робоча напруга [V]	10...32 DC
Споживання струму [m]	100 (24V DC) *
измерительный объем [g]	± 25 **)
принцип дії	мікромеханічний датчик прискорення / ємнісний принцип виміру / одна вісь виміру
Захист перевантаження [g]	100
Minimum measuring time [s]	0,8
Діапазон частот [Hz]	3...6000
спектральна чутливість [Гц]	1,25
Область контролю [про./мін.]	500.....6000(дійсний діапазон швидкостей обертання залежить від типу рухомого елемента підшипника і Температура може відрізнятися)

навколишнього

середовища	-30...60
[°C]	
Вид захисту,	клас
захисту	IP 67, III

EMV електро-магнитная



сумісність

IEC 1000-4-2/3/4/6

Матеріал корпусу

корпус: цинковий виливок нікельований;
клавіатура:
поліефір

Схема приєднання

M12 роз'єм (електричне підключення)

Контакт 1: живлення +

Контакт 2: червона функція; релейний вихід 2 / 100 m / нормально відкритий / нормально закритий, програмувальний Контакт 3: живлення -

Контакт 4: жовта функція; релейний вихід 1 / 100 m / нормально відкритий / нормально закритий, програмувальний

Контакт 5: швидкість обертання, 0...20 m

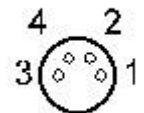
Продовження Таблиці 3.6 Технічні характеристики VB1001

Схема приєднання M8 роз'єм (RS-Pin 1: -

232 -промислова система передачі Pin 2: TxD даних)

Pin 3: GND

Pin 4: RxD



Примітки пам'ять хронології: 2580 наборів даних, кільцевий буфер

*) плюс додаткове зовнішнє завантаження імпульсу

**) номінальний ± 20

Контакт 2 (релейний вихід 2) і контакт 4 (релейний вихід 1) програмуються тільки парою

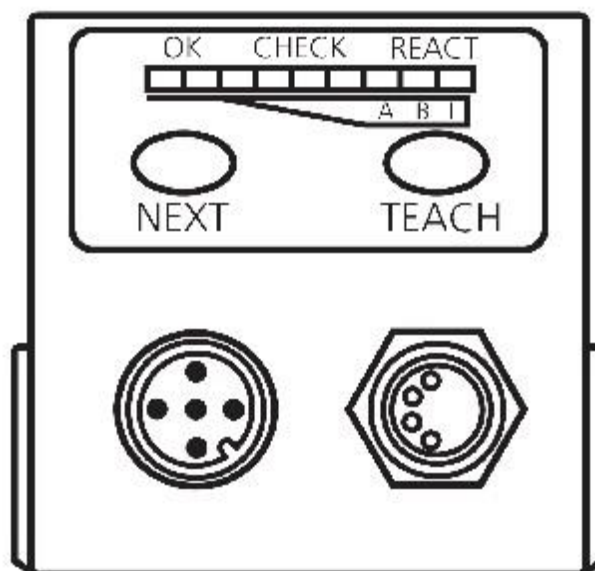
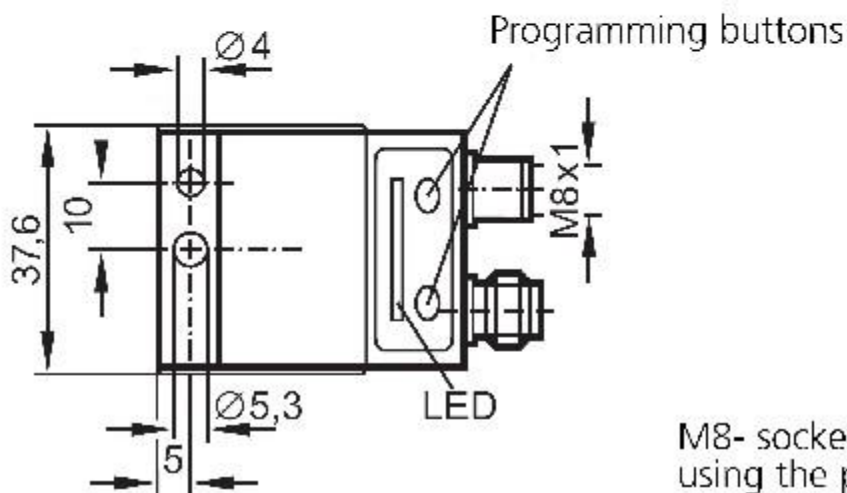
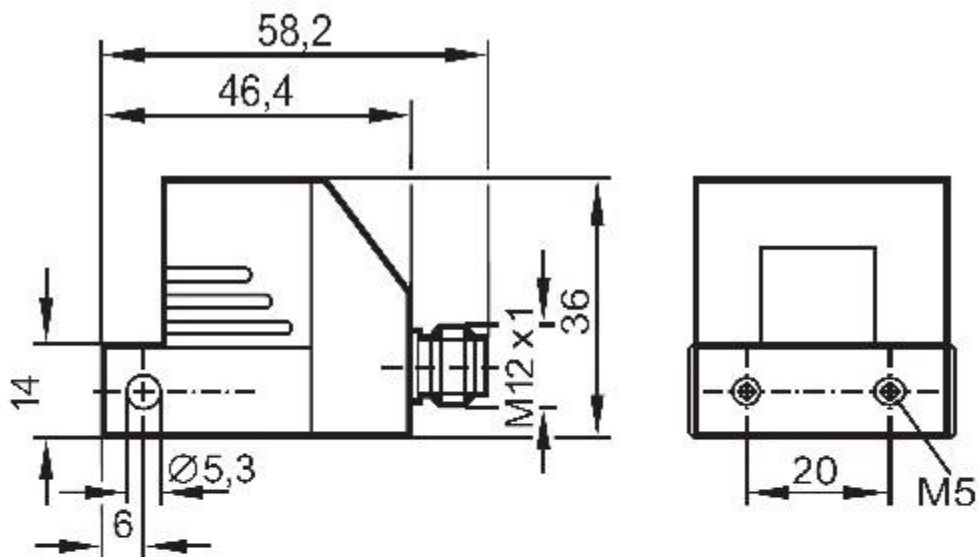


Рисунок 3.7 Лицева панель VB1001



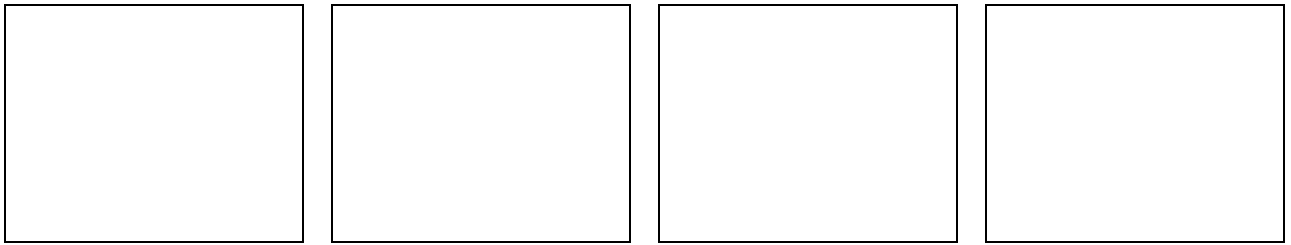
M8- socket can be closed again using the previously attached cap

Рисунок 3.7 Габаритне креслення VB1001

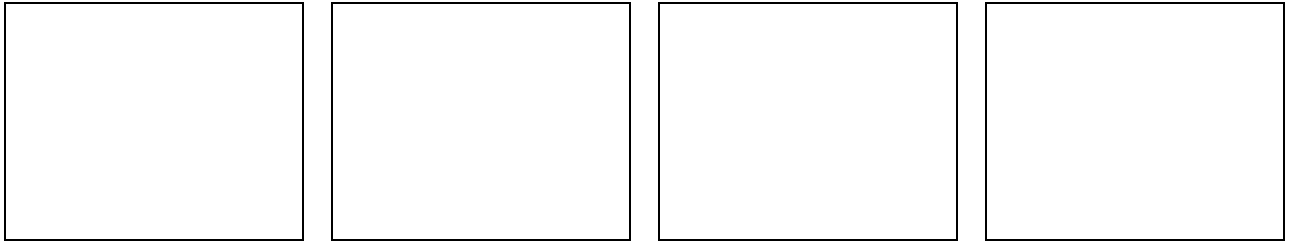
3.2.2 ДАТЧИКИ ІНЖЕКТОРНИХ І КАРБЮРАТОРНИХ АВТОМОБІЛІВ

ДПДЗ (Датчик Положення Дросельної Заслінки)

Датчик положення дросельної заслінки(ДПДЗ) у СУД служить для визначення ступеня і швидкості відкриття дросельної заслінки. Вихідна напруга ДПДЗ змінюється в залежності від натискання педалі акселератора і дорівнює 0,34,8В. У стані спокою ця напруга складає 0,3-0,6В, це відповідає 0% відкриття дросельної заслінки.



Еталон. Датчик ОК Несправні датчики. Осцилограма відкриття дроселя

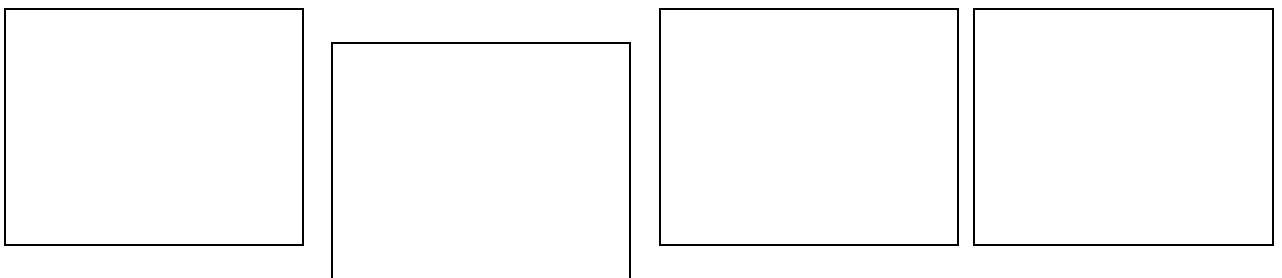


Відкриття несправного датчика Осцилограма закриття несправного датчика Стан спокою несправного датчика

Рисунок 3.13 Осцилограми роботи давача ДПДЗ

ДПКВ (Датчик Положення Колінчатого Вала)

ДПКВ у ЕСУД служить для визначення положення і частоти обертання колінвалу для здійснення загальної синхронізації системи упорскування. Шків колінвалу має 58 зубців. Точкою відліку є два пропущених зубці на шківі колінвалу. На осцилограмі це місце виглядає як різкий стрибок напруги вниз, а потом нагору. При справному ДПКВ його мінімальна напруга повинна бути не менш 6В, максимальне досягає до 250В.

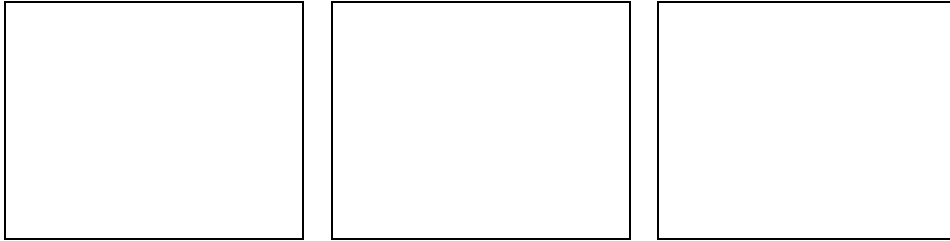


Еталон Міжвиткове замикання Еталон Міжвиткове замикання Низький сигнал

Рисунок 3.8 Осцилограми роботи давача ДПКВ

ДМРВ (Датчик Масової Витрати Повітря, MAF-Sensor)

ДМРВ є датчиком термоанемометричного типу. Установлюється між повітряним фільтром і дросельним патрубком. Сигнал ДМРВ являє собою напруга постійного струму, що змінюється в діапазоні від 1 до 5 В, величина якого залежить від кількості повітря, що проходить через датчик.



Еталон. ОК

Напівживий датчик

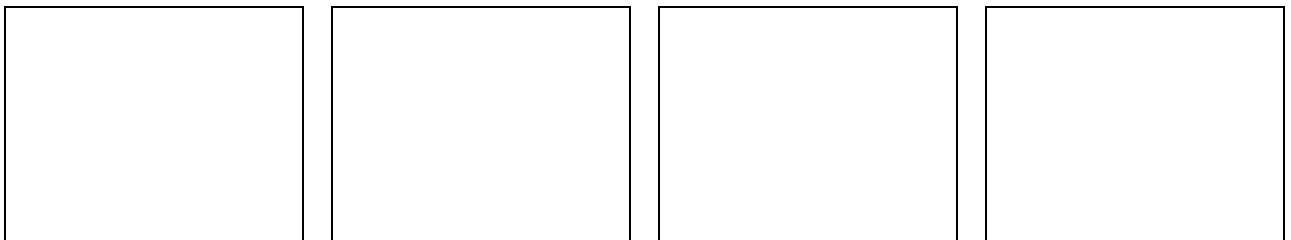
Мертвий датчик

Рисунок 4.15 Осцилограми роботи давача ДМРВ

У справного нового датчика максимальна напруга повинна досягати 4,3-4,7В в момент різкого відкриття дросельної заслінки.

ДК (Датчик Кисню, він же Lambda Zond)

Датчик кисню служить для правильного визначення співвідношення повітряпаливо поступаючого в циліндри. У залежності від напруги кисневого датчика, ЕБК коректує параметри палив-повітряної суміші по закладеній у ньому програмі керування. Якщо ЕБК визначає паливо - повітряну суміш(ТВС) як бідну, що відповідає низькій вихідній напрузі, то він збільшує час відкритого стану форсунок, якщо ТВС багата - висока вихідна напруга - зменшує час. При справному датчику кисню і СУД діапазон вихідної напруги дорівнює 0,05-0,9В.



Отруєний датчик

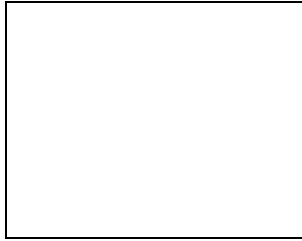
Збіднена суміш

Багата суміш

Бідна суміш

Рисунок 3.9 Осцилограми роботи давача ДК

ДФ (Датчик ФАЗ)



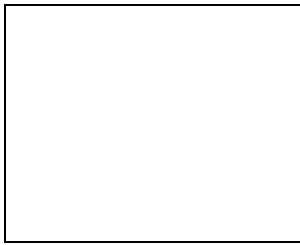
Датчик фаз установлюється на двигуні ВАЗ-2112 у верхній частині голівки блоку циліндрів за шківом впускного розподільчого вала. На двигунах 2111(Євро-2) на заглушці з правої сторони. В основу роботи датчика закладений ефект Холу. На шківі впускного розподільчого

Рисунок 3. 10

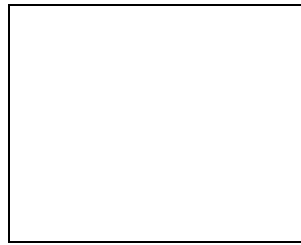
Осцилограми роботи вала розташований диск, що задає, із прорізом. ^{давача ДФ} Проходження прорізу через зону дії датчика фаз відповідає відкриттю впускного клапана першого циліндра. Контролер посилає на датчик фаз опорна напруга 12В. Напруга на виході датчика фаз циклічно міняється від значення близького до 0 (при проходженні прорізу диска, що задає, впускного розподільчого вала через датчик) до напруги близького напрузі АКБ (при проходженні через датчик крайки диска, що задає,). У такий спосіб при роботі двигуна датчик фаз видає на контролер імпульсний сигнал синхронізуючий упорскування палива з відкриттям впускних клапанів. Сигнали в двигуна 2112 і 2111(Євро-2) зовсім однакові.

ДД (Датчик Детонації, Knock Sensor)

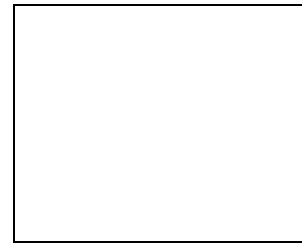
Широкополосний датчик детонації п'єзокерамічного типу встановлюється на блоці двигуна. Під час роботи двигуна датчик генерує сигнал напруги перемінного струму з частотою й амплітудою залежною від частоти й амплітуди вібрації тієї частини двигуна, на якій установлений датчик. При виникненні детонації амплітуда вібрацій визначеної частоти підвищується, що приводить до збільшення амплітуди вихідного сигналу ДД. Контролер зчитує цей сигнал (тільки у визначених положеннях КВ, т.н "вікно виявлення детонації"), фільтрує, усереднює і на основі отриманих даних і коректує кут випередження запалювання для гасіння детонації.



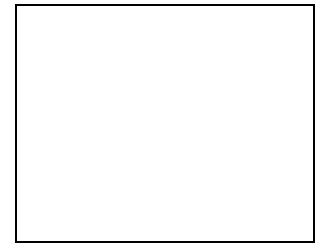
Сигнал ЕБКічень



Резонансний датчик



Резонансний датчик холостий Хід



Резонансний датчик Перегазовка

3.1 1

Холостий Хід

Розгорнутий сигнал Розгорнутий сигнал Рисунок 3.11 Осцилограми роботи давача ДД

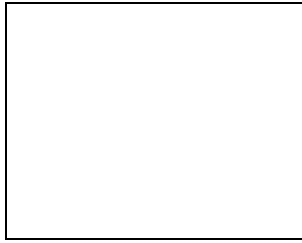
ДТОЖ (Датчик температури охолодної рідини)



Датчик температури в СУД служить для визначення температурного стану двигуна. По його сигналі ЕБК при запуску виставляє необхідна кількість

кроків РХХ, регулює паливоподачу. Рисунок 4.19 Осцилограми роботи давача Усередині датчика знаходиться термістором з "негативним температурним коефіцієнтом" - при нагріванні його опір зменшується. Висока температура охолодної рідини викликає низький опір (70 Ом + 2% при 130 °С), а низька температура дає високий опір (100700 Ом ± 2% при -40 °С). Контролер подає на датчик температури охолодної рідини напруга 5 В через резистор з постійним опором, що знаходиться усередині контролера. Температуру охолодної рідини контролер розраховує по спаданню напруги на датчику, що має перемінний опір. Спадання напруги велике на холодному двигуні, і низьке - на прогрітому. Відповідно, на холодному двигуні напруга на датчику вище, на гарячому - нижче. Це добре видно по осцилограмам.

ДС (Датчик швидкості, Speed Sensor)



Датчик швидкості служить для одержання інформації про швидкість руху автомобіля для приладової панелі і СУД, у якій він використовується для визначення режимів руху автомобіля - ХХ і ПХХ.

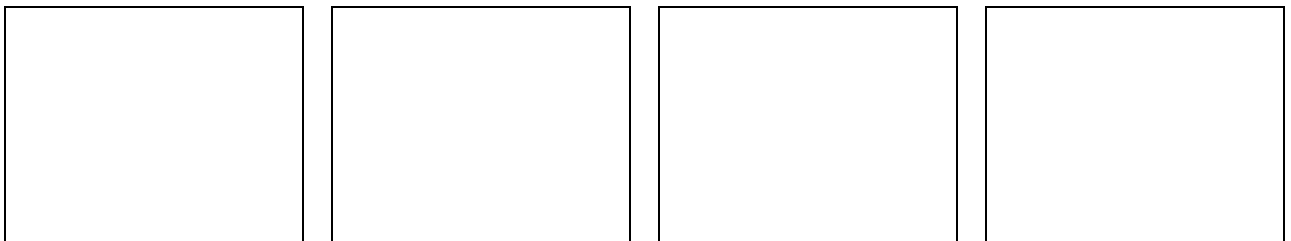
Рисунок 3.20

В основі його роботи закладений ефект Хола. Сигнал, одержуваний ЕБК з датчика швидкості, імпульсний і

Осцилограми залежить від швидкості руху автомобіля.
роботи давача ДС

Датчик Хола

Датчик Хола в розподільнику запалювання служить для своєчасної подачі керуючих імпульсів у комутатор. З виходу датчика знімається напруга, якщо в його зазорі знаходиться сталевий екран. Якщо екрана в зазорі не має, то напруга на виході датчика близька до нуля.



Еталон

Неспркомутатора

Дефектдатчика

Поганий контакт

Рисунок 3.21 Осцилограми роботи давача ДХ

3.5 БОРТОВИЙ КОМП'ЮТЕР З АВТОЗАПУСКОМ ДВИГУНА

Пристрій (далі БК) призначено для автоматичного запуску двигуна автомобіля і для відображення і нагромадження інформації про рух і різних параметрів.

Керування БК здійснюється за допомогою 8 кнопок, а вивід інформації за допомогою символного ЖКІ розміром 16x2 (2 рядка по 16 символів).

3.3.1 Функції бортового комп'ютера БК

БК у режимі автозапуска виконує наступні функції:

1. Запуск двигуна у визначений час (встановлюється в налаштуваннях) при встановленні температури навколишнього повітря нижче встановленої температури T1 (встановлюється в налаштуваннях);
2. Запуск двигуна через визначений інтервал часу (встановлюється в налаштуваннях) при встановленні температури навколишнього повітря нижче встановленої температури T2 (встановлюється в налаштуваннях);
3. Контроль роботи двигуна при роботі – тиск мастила, температура включення вентилятора охолодження, обороти двигуна, бортова напруга живлення;
4. Функції захисту при несанкціонованому проникненні в салон автомобіля:
5. Контроль дверей – при відкриванні автоматичне скасування автозапуска і зупинка двигуна;
6. Контроль педалі гальма - при натисканні автоматичне скасування автозапуска і зупинка двигуна;
7. Контроль оборотів – при перевищенні критичної оцінки автоматичне скасування автозапуска і зупинка двигуна;
8. Після запуску - робота двигуна визначений час (встановлюється в налаштуваннях), після чого зупинка і перехід до чекання наступного запуску;
9. Контроль часу роботи стартера. При роботі стартера більш 6 секунд відбувається зупинка, і після паузи виконується наступна спроба запуску;
10. Контроль кількості вдалих і невдалих спроб запуску (при кількості невдалих спроб > 5 – скасування автозапуска);
11. Включення периферії (обігрівача, кондиціонера і т.д.) через визначений час після запуску двигуна;
12. Блокуванням датчика удару сигналізації (якщо встановлена) для виключення спрацьовування сигналізації;
13. Контроль установки важеля переключення передач на нейтральну передачу (для ручної коробки передач) чи в положення “PARK” (при АКПП).

3.3.2 Опис алгоритму роботи режиму «АВТОЗАПУСК»:

Відпрацьовування так називаної «Віртуальної нейтралі» для ручної коробки передач необхідні для того, щоб виключити запуск двигуна і, відповідно, мимовільний рух автомобіля при включеній передачі.

Відпрацьовування «Віртуальної нейтралі» відбувається в такий спосіб. Після настроювання всіх необхідних параметрів автозапуска водій, не виключаючи двигун, включає режим «Автозапуск». Після цього необхідно поставити автомобіль на ручне гальмо і вийняти ключ із замка запалювання. При цьому двигун продовжить працювати доти, поки не відкриється і знову закриються двері (ознака того, що водій вийшла з автомобіля). Ця процедура є необхідною для включення функції автозапуска і дає гарантію, що автомобіль не залишився з включеною передачею. Природно, при наступному відкриванні дверей відбудеться скасування автозапуска і для його включення необхідно буде проробити вищеписану процедуру заново.

Після виконання умови, необхідного для початку запуску, БК відключає датчик удару встановленої сигналізації, щоб не викликати спрацьовування сигналізації, і включає запалювання. Ще через 3 секунди включає стартер. Під час роботи стартера відбувається контроль оборотів двигуна, і при перевищенні 600 оборотів у хвилину вважається, що двигун завівся і відбувається відключення стартера. Якщо в плинні 6 секунд роботи стартера двигун не завівся, то робиться пауза 15 секунд і після її наступна спроба запуску. Після 5 невдалих спроб режим автозапуска відключається.

Після успішного запуску можлива ситуація, коли двигун після короткочасної роботи стихне. Це може відбутися через недостатнє накачування чи палива через різних дрібних несправностей і особливості автомобіля. Не будемо вдаватися в подробиці виникнення цієї ситуації, а будемо вважати, що вона є. Тому після зупинки двигуна в перші 15 секунд БК буде намагатися знову завести двигун. Якщо мимовільна зупинка відбувається після 15 секунд нормальної роботи, то це розцінюється як несправність і режим «Автозапуск» відключається.

Через 15 секунд роботи двигуна включається периферія автомобіля (нагрівник, кондиціонер і т.д.) і починається контроль тиску мастила, перевищення оборотів і натискання педалі гальма. Контроль педалі гальма необхідний для зупинки двигуна у випадку її натискання (для запобігання викрадення). Природно, при зниженому тиску (більш 4 секунд) чи високих оборотах (більш 1500 об/хв) режим автозапуска виключається.

Коли час прогріву двигуна (встановлюється в налаштуваннях) чи вийде температура двигуна досягне температури включення вентилятора (встановлюється в налаштуваннях), те БК зупинить двигун і перейде в режим чекання наступного запуску. Відповідно після зупинки двигуна знову включається датчик удару.

На всіх стадіях режиму автозапуск відбувається контроль відкривання дверей. При відкриванні кожної з дверки відбувається скасування автозапуска і зупинка двигуна (якщо він працював у цей момент). Зупинка двигуна в цьому випадку відбувається з затримкою (встановлюється в налаштуваннях) від 0 до 60 секунд. Затримка зупинки дозволяє водію устигнути відкрити двері і включити запалювання, щоб не заводити двигун заново. Але в будь-якому випадку (з чи затримкою без) при відкриванні дверей на час більше 0.25 секунди, автозапуск буде відключений.

Для дизельних двигунів (тип двигуна встановлюється в налаштуваннях) передбачена попередня пауза після включення запалювання для нагрівання свіч розжарення.

При роботі БК у режимі автозапуска, відбувається нагромадження інформації про запуски, і водій зможе завжди подивитися ці дані. Дані обнуляються при наступному включенні режиму «АВТОЗАПУСК». БК відображає наступні параметри: кількість всіх успішних запусків, кількість усіх неуспішних запусків, кількість неуспішних запусків під час останньої спроби запуску, час турботи двигуна за всі запуски двигуна, максимальний час роботи стартера обране з усіх удалих запусків. У випадку скасування режиму автозапуска відображається інформація про причини його скасування.

У режимі відображення поточної і статистичної інформації БК розраховує і відображає наступні дані:

1. Дату, час і день тижня;
2. Температуру за бортом;
3. Загальний пробіг автомобіля;
4. Миттєву швидкість;
5. Рівень палива в баці; 6. Напруга бортової мережі;
7. Параметри за 1 поїздки:
 - середня швидкість,
 - час у дорозі,
 - пройдена дистанція,
 - час прогріву (вважається після запуску двигуна і до моменту перевищення швидкості 4 км/ч. Далі, при наступних зупинках, вважається час простою з працюючим двигуном),
 - час простою з працюючим двигуном,
 - максимальна швидкість, досягнута за поточну поїздку.
8. Параметри за день (аналогічні параметрам за 1 поїздки);
9. Параметри за місяць (аналогічні параметрам за 1 поїздки);
10. Режим виміру розгону до 100 км/год;
11. Режим виміру гальмового шляху (ефективний тільки при порівнянні з іншими автомобілями);
12. І інші параметри.

Принципова схема приведена в графічній частині дипломного проекту

БК виконаний на базі 16-розрядного мікроконтролера MSP430F149 фірми Texas Instruments. Цей контролер має на борті практично всю периферію, необхідну для побудови цієї системи. Для надійного запуску системи застосований генератор ресета AMD809SART (MAX809S).

Як індикатор застосований символний ЖКИ WH1602D-RML-CP, здатний відображати 2 рядка по 16 символів. Тому що при негативних температурах

контрастність індикатора зменшується, те для її підвищення необхідно подати негативна напруга на один із входів ЖКИ. Для формування цієї напруги застосований перетворювач ADM660AN. Для підсвічування ЖКИ використовується ключ на транзисторі КТ972.

Для виміру температури навколишнього повітря використовується цифровий датчик температури AD7816 (на схемі показане рознімання для його підключення).

Щоб комутувати могутні навантаження (електромагнітні реле), струму виходів контролера недостатньо. Тому як буферний елемент застосований драйвер ULN2003. На своїх виходах він забезпечує достатній струм (до 500 м) для такої комутації.

Джерело живлення виконане на стандартних стабілізаторах напруги L7805 (+5 вольт) і LP2950 (+3.3 вольт). На вході джерела встановлений діод D1, службовець для захисту від «переплюсовки» живлення, і автомобільний варистор S10K14AUTO, для придушення кидків по харчуванню, яких в автомобільному харчуванні вистачає.

Сигнали з різних датчиків автомобіля надходять на входи контролера. Для запобігання виходу його з ладу в через різні кидки напруги й інших перешкод, використовуються ланцюги захисту, а також ділянки напруги для формування прийняттого сигналу для контролера. Як з'єднувач використовується 25-ти контактне рознімання. Призначення висновків його наступне:

- на 1-2 подається бортова напруга живлення автомобіля (+12 вольт);
- 21-24 земляні висновки;
- на 3-й вивід подається сигнал з датчика рівня палива, що надходить через вхідний ланцюг на вхід АЦП контролера;
- 19 – сигнал з тахометра, що надходить на вхід таймера контролера;
- 16 – сигнал з датчика температури двигуна, що надходить на вхід АЦП контролера;
- 6 – сигнал з датчика швидкості, що надходить на вхід таймера контролера;
- 14 – сигнал з ручного гальма (при МКПП) чи сигнал PARKING (якщо АКПП);

- 4 – сигнал з педалі гальма;
- 17 – сигнал з концевиків дверки автомобіля;
- 18 – сигнал з датчика тиску мастила;
- 25 – сигнал від системи сигналізації (якщо встановлена). При її спрацьовуванні відключається режим автозапуску;
- 15 і 20 – сигнали в замка запалювання в положенні «Стартер» і «Запалювання» відповідно;
- 13 – вихід на реле включення габаритного світла;
- 12 – вихід на реле подачі живлення на реле стартер. Необхідність застосування цього реле обумовлена тим, що при виході з ладу ключа, що керує реле стартера, не відбулося включення стартера. При такій схемі, при запуску стартера спочатку подається напруга на 1-і реле, а потім на реле стартера (контакт 10). Таким чином, тут реалізована так називана релейна схема «логічного И». Природно, при різних комбінаціях керуючих напруг на цих виходах (12 і 10) і за допомогою входу 15 (STARTER_IN), відбувається програмний контроль справності цих ключів.

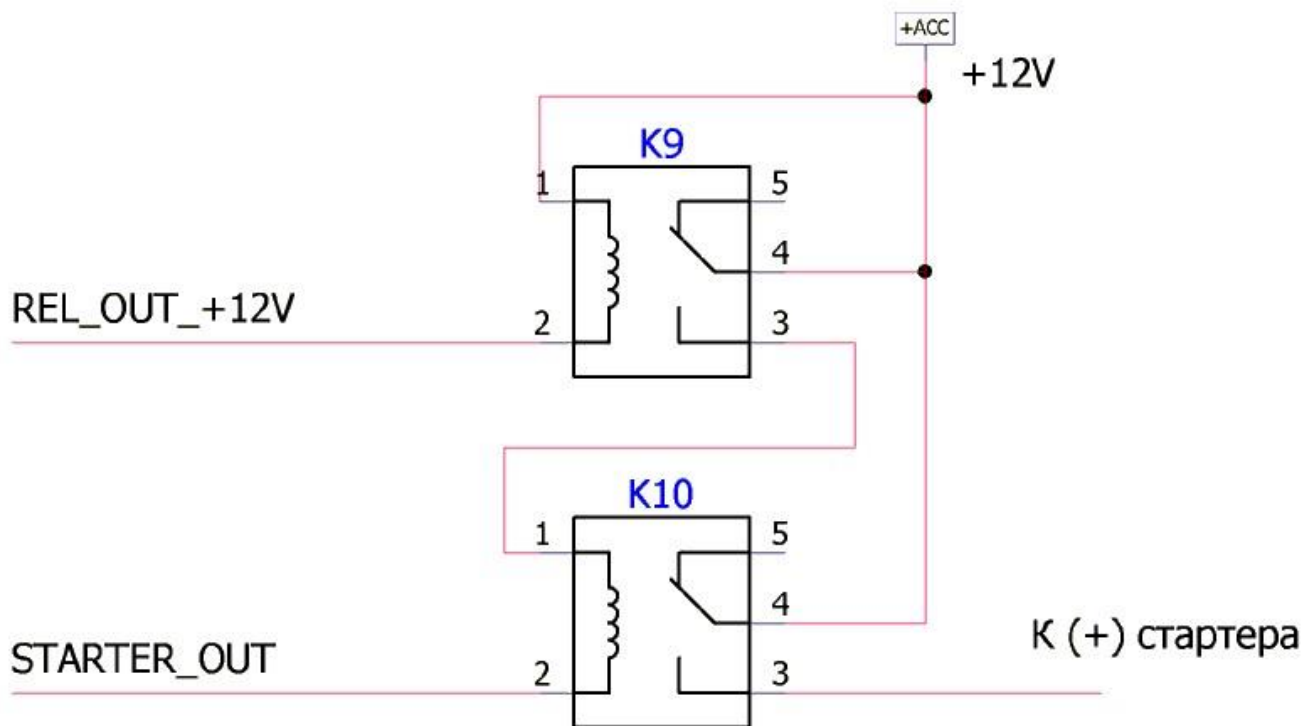


Рисунок 3.12 Під'єднання БК та штатного реле автомобіля

– 11 – вихід на реле включення запалювання (це реле, як і реле включення стартера необхідно установити в безпосередній близькості від замка запалювання);

– 9 – вихід на реле включення периферії (контакт замка запалювання АСС);

– 8 – вихід на систему сигналізації (якщо встановлена). Для запобігання спрацьовування сигналізації при запуску двигуна (коли включається запалювання), її вивід, підключений до замка запалювання, необхідно розірвати і підключити до висновку 8. При цьому, під час запуску на цьому висновку буде нульова напруга. Але якщо зловмисник спробує включити запалювання, то БК визначить це за допомогою входу 20 (IGN_IN) і видасть напругу +12 вольтів на вхід сигналізації, тим самим активувавши неї;

– 7 – вихід на реле блокування датчика удару. Необхідний для запобігання спрацьовування сигналізації (якщо встановлена) при вібрації двигуна під час запуску і роботи.

З всіх елементів на схемі не використовуваним залишається мікросхема енергонезалежної пам'яті FM25CL64. У процесі розробки її використання виявилось не затребуваним, тому що внутрішньої flash-пам'яті контролера (60 кбайт) виявилось досить. Але в новій версії БК2, що включає в себе цілу розподілену систему безпеки автомобіля з цифровою локальною мережею, необхідність у зовнішній пам'яті й іншій різноманітній периферії з'явилася.

4. Науково-дослідна частина

4.1 Застосування методу огинаючих для діагностики механічних вузлів устаткування.

Боротьба із шумом і вібраціями є однією з найважливіших проблем. Зменшення вібрації необхідно для підвищення надійності і довговічності машин і конструкцій, скорочення тривалості і поліпшення якості ремонтів. Розробка ефективних засобів для цих цілей неможлива без знання джерел підвищеної вібрації, причин її виникнення. Це, у свою чергу, вимагає розвитку методів віброакустичних досліджень.

Для всебічного аналізу вібрації роторних механізмів у кожній крапці повинні бути зроблені виміри по трьох ортогональних осях. На практиці майже та ж інформація може бути отримана при вимірах в осьовому і горизонтальному напрямках. Відомо, що різні елементи машини вібрують на одній чи декількох дискретних частотах. Взаємодія цих коливань приводить до складної хвильової картини вібрації в обстежуваній крапці. Тому обмірюваний сигнал необхідно аналізувати шляхом виділення з нього складових дискретних частот. Результат подібного аналізу, представлений у виді залежності амплітуди від частоти (спектр сигналу), і розглядається як вібраційне поле машини.

Через нелінійність властивостей системи і змін параметрів контактів між елементами кінематичних пар і інших передатних ланок на шляху поширення акустичного сигналу від місць його виникнення до випромінюючої поверхні механізму відбувається модуляція вібраційних процесів.

Особливості модуляційних процесів для окремих вузлів і механічних пар індивідуальні. Це можна використовувати для визначення дефектів механізму на частотах, властивим декільком джерелам вібрації. Результуюча вібрація на досліджуваній частоті, на якій передбачається визначити внесок окремих джерел у загальне вібраційне поле установки, має спектр модуляції, що є суперпозицією модуляційних спектрів окремих джерел. При статистичному зв'язку між процесами, що модулюють, при визначенні частки джерел СЖК (?) доцільно

звертатися до спектрів модуляції. Аналіз огинаючих спектрів (ОГНспектр) у районі окремих джерел дозволяє виділити частоту модуляції ω_m , властиву окремий k-му джерелу. На цій частоті спектра огинаючий частка C_k^j може бути визначена по формулі в припущенні про не зв'язаність процесів, що модулюють:

$$C_k^j(\omega) = \sqrt{\frac{m_j^k(\omega_m)}{m_j^\Sigma(\omega_m)}}$$

де m_j^k , m_j^Σ - коефіцієнти глибини модуляції в районі k-того джерела і на контрольній поверхні механізму, відповідно.

Дійсне вібраційне поле машини містить частотні елементи, що не можуть бути легко ототожнені з конкретним джерелом вібрації. Деякі частоти можуть бути результатом механічного резонансу різних частин машини через порушення періодичної, але не синусоїдальної вимушеної гармоніки. Спектри сигналів, крім піків на частотах, рівних основному періоду вібрації і його гармонік, містять також багато інших піків, що відбуваються від нелінійної комбінації гармонік і інших дискретних частот. Цей процес (модуляція) дає сумарні і різницеві (бічні) частоти.

Розглянемо більш наочно процес модуляції. Найбільше часто метод що обгинає використовують для діагностики підшипників кочення. На їхньому прикладі і розглянемо цей метод.

Підшипник являє собою резонансну систему. У ній три резонуючих частини. Це зовнішнє і внутрішнє кільця і тіла кочення. Розглянемо одне з кілець. Воно має кілька власних резонансів: подовжній, поперечний, по товщині і т.д. Кожний з цих резонансів має ще набір гармонік. Тобто в залежності від конфігурації кільце має кілька порядків резонансу.

Будь-яка не періодична сила викликає коливання цього кільця, аналогічно камертону. Якщо подивитися спектр цього сигналу, то він виглядає як синусоїда. Однак, коли з'являється періодична гармонічна сила, то відбувається явище модуляції. На мал. 4.1 представлений сигнал обмірюваний на опорі, де встановлений підшипник з дефектом зовнішнього і внутрішнього кілець. Спектр цього сигналу приведений на Рисунок 4.2. Дослідження спектра не дає

можливості визначити не тільки які сили, що змушують, обумовлюють імпульсні складові в сигналі, але і не дозволяє зробити вивід про його справність.

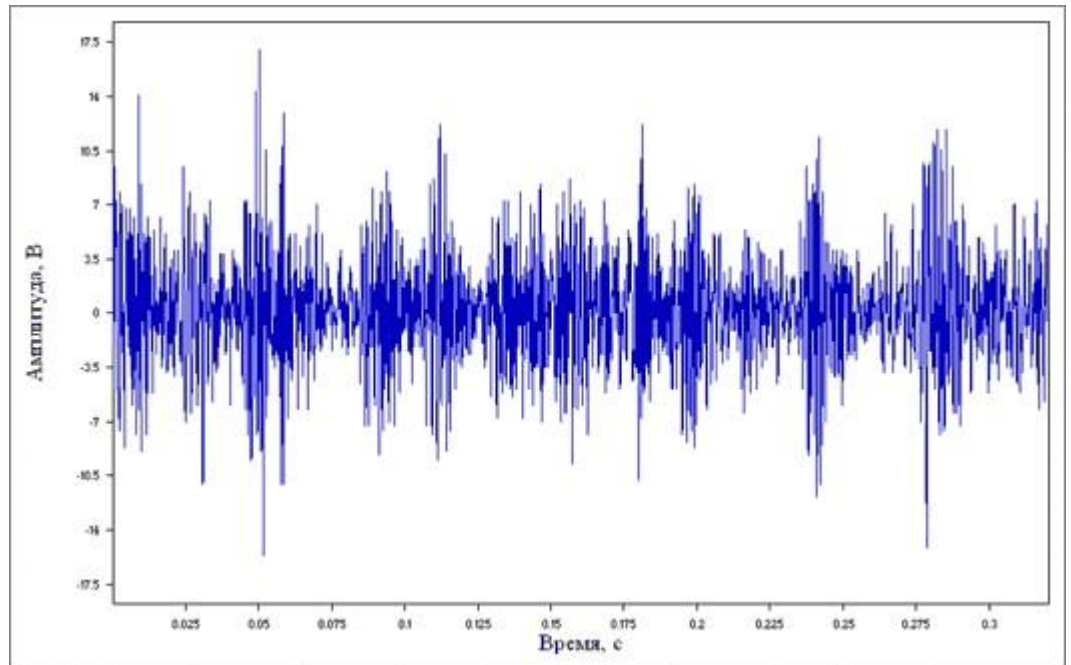


Рисунок 4.1. Віброакустичний сигнал

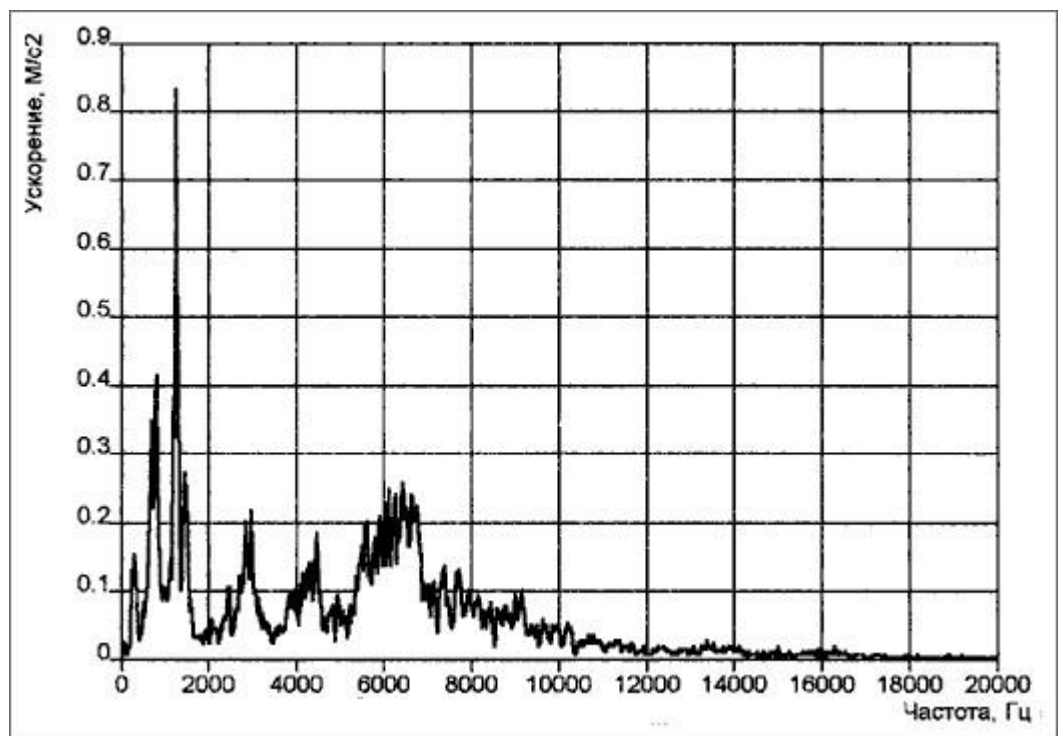


Рисунок 4.2 Спектр віброакустичного сигналу

Якщо ж узяти з усього сигналу одну з резонансних частот і придушити всі інші, то можна з упевненістю сказати, що існує дефект, що і є збудливою силою (Рисунок 4 3).

Тобто виділення несучої частоти дозволяє звузити пошук джерела дефекту: збудлива сила може бути як внутрішньому, властивому самому підшипнику, так

і зовнішніми, викликаними іншими дефектами, такими як дисбаланс, відколи зубів редуктора, раковини на лопатках робочих коліс і т.п. Але і розрахунок спектра з цього сигналу не принесе Вам бажаного результату, оскільки потужність несучої частоти (власної резонансної частоти) більше, ніж потужність періодичного сигналу. Однак, якщо зробити демодуляцію отриманого сигналу, то цілком зникне несуча складова і залишиться лише її модулююча складова. По її частоті може бути визначене джерело.

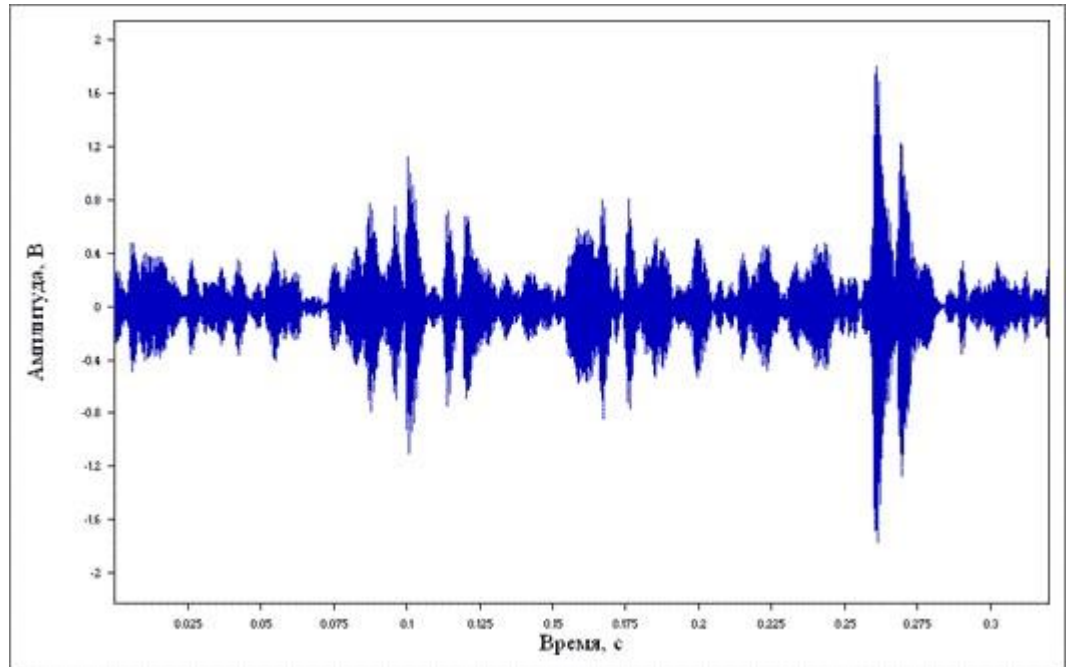


Рисунок 4.3 Відфільтрований віброакустичний сигнал.

Отже, аналіз впливу зовнішніх умов на зміну спектрального складу показав, що в більшості випадків спектри огибаючих сигналу більш чуттєві до внутрішніх змін вузла, тобто появам і збільшенням сили дефектів підшипника, і менш чуттєві до зовнішніх впливів, таким, як зміна навантаження на валу. Прямі ж спектри, навпаки, чуттєві до зовнішніх впливів, а внутрішні дефекти, такі як знос сепаратора, не виявляються зовсім. Але для використання спектрів огибаючих необхідно правильно вибрати несучу частоту, що містить максимальну інформацію про внутрішній стан вузла.

Оскільки підшипник, дефекти якого необхідно визначити, розглядається як резонансна система, те необхідно розрахувати її власні частоти. Ними будуть модулюватися характерні частоти виникаючих дефектів. Для визначення резонансних частот підшипник розглядається як набір двох тонкостінних кілець

(внутрішнього і зовнішнього) і тіл кочення. При цьому користаються спрощеними формулами.

$$f_p = \frac{R(R^2 - 1)}{2\pi\sqrt{R^2 + 1}} * \frac{1}{a^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} \quad \text{Для кілець:} \quad (4.1)$$

де R - порядок резонансу,

a - радіус нейтральної осі,

J - момент інерції площі поперечного переріза, m - питома лінійна маса кільця.

$$f_w = \frac{0.848}{2r} \sqrt{\frac{E}{2\rho}} \quad \text{Для кульок:} \quad (4.2)$$

де E - модуль пружності,

$\rho = 7,8 * 10^2$ кг/м³ - питома щільність кульок, r - радіус кульок.

Резонансна частота кульок f_p для підшипників 60305 складає 263 кГц. Ця частота занадто висока, щоб на неї можна було настроїти смуговий фільтр аналізатора. Частіше вибираються смуги, близькі до резонансів кілець. Якщо виразити формулу 4.1 через геометричні параметри підшипника, то вона перетвориться в такий спосіб:

$$f_p = \frac{R * (R^2 - 1)}{2\pi\sqrt{R^2 + 1}} * \frac{16}{(D + d)^2} * \sqrt{\frac{E * (D - d)^2}{48 * \rho}}$$

Розрахункові значення резонансів для зовнішнього і внутрішнього кілець підшипника 60305 приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Порівняння резонансних частот підшипника 60305 в експерименті і при розрахунку.

Реальні смуги резонансів, Гц	Розрахункові смуги резонансів, Гц	
	Зовнішнє кільце	Внутрішнє кільце
1000 - 1500	1023	

2800 - 3300	2895	
4000 - 4500		3695
5500 - 7000	5552	
	8979	
	10453	

Усереднений високочастотний спектр приведений на Рисунок 4.2. Опора, у якій установлений підшипник, практично ізольована. Зміни в спектральних характеристиках можуть відбуватися тільки від приєднаної до зовнішнього і внутрішнього кілець мас опори і вала. Тому розрахункові значення досить добре збігаються з реальними. У спектрі спостерігаються 4 резонансні смуги. Приведений сигнал був обмірюваний датчиком, установленим на опорі підшипника 60305 зі зносом сепаратора, раковинами на зовнішнім кільці і дефектами на тілах кочення. Значення глибини модуляції в спектрах інформативних частотах обгинають, що сигналу на, обмірюваних при використанні смугових фільтрів з центральними частотами 3,1; 6,3; 8 і 10 таблицю 2.

Аналіз результатів показує, що при смуговому фільтрі 3,1 кГц значення глибини модуляції значно нижча, ніж при інших вимірах. Звертає увагу, що ця частотна смуга лежить на схилі резонансного піка (Рисунок 4. 2). Це значить, що невеликі флуктуації частот приводять до значної зміни амплітуди сигналу. Таким чином, що знімається модульований сигнал не можна вважати стаціонарним. Отже, цей частотний діапазон використовувати не можна.

Таблиця 4.2 Залежність глибини модуляції на інформативних частотах від частоти використовуваного смугового фільтра.

Центральна частота смугового фільтра, кГц	Глибина модуляції на інформативних частотах, %.			
	$f_c = 6,5$ Гц	$4f_c = 26$ Гц	$f_H = 44,5$ Гц	$f_{т.к.} = 60,25$ Гц

3,1	5,97	6,47	11,4	13,4
6,3	25,3	17,2	25,3	14,2
8	33,9	17	28,5	18,2
10	32,6	13,9	24,3	25,7

Смуговий фільтр із центральною частотою 6,3 кГц удає попадає на вершину резонансної області. Однак, використання цього діапазону для виміру небажано. По-перше, як видно з рисунка 4. 2, у цій частотній смузі дуже велика дисперсія амплітуд. Тобто, здавалося б, при рівному плато, у цій частотній області велика різниця значень амплітуд на сусідніх частотах. По-друге, високочастотні спектри, обмірювані на інших аналогічних опорах, будуть мати зміщений резонанс і порівняння сили дефекту затруднено.

Найбільш оптимальним для цього підшипника є діапазон третьоктавного фільтра з центральною частотою 8 кГц. З рисунка 4. 2 видно, що в цій частотній смузі спектр має високу амплітуду і рівномірний розподіл у смузі 7,5 - 9 кГц. Т. є. навіть при зміні режимів, значення амплітуд будуть змінюватися незначно.

Частотний діапазон 9 - 11 кГц теж може бути використаний для одержання спектрів сигналів, що обгинають. Перевагою цього діапазону є те, що в основному механічні шуми лежать у більш низьких частотах. У цьому діапазоні спектр має рівномірний характер. Він придатний для більшості підшипників невеликого діаметра, тому що в цьому діапазоні знаходяться резонанси різного порядку внутрішнього і зовнішнього кілець. Зокрема, для даного підшипника, як видно з таблиці 4.1, знаходиться резонанс другого порядку внутрішнього кільця. Фільтрація сигналу в цій смузі частот зручна, коли невідомо спектральний розподіл.

Таким чином, з огляду на режими роботи устаткування й оптимально підібравши час набору статистики і смугові фільтри, порівнюючи результати виміру в трьох ортогональних напрямках, можна досягти високої вірогідності характеристичних функцій для проведення діагностування.

5. Спеціальна частина

5.1 Протокол обміну по K-Line із блоком електронного блоку керування (ЕБК)

З метою налагодження програмного забезпечення і калібрування даних у програмне забезпечення ЕБК убудоване модуль обміну даними по послідовному порту, що забезпечує передачу даних із блоку в зовнішній пристрій, що має аналогічний інтерфейс (як апаратний, так і програмний). Зв'язок зовнішнього пристрою з блоком здійснюється або за допомогою інженерної плати по стандартному інтерфейсу RS-232, або по інтерфейсу ALDL.

Модуль обміну має направлений протокол передачі, що дозволяє передавати дані і команди з перевіркою на коректність, але без виправлення помилок. Таким чином, у ЕБК присутні засоби налагодження ПО для всіх режимів роботи.

5.2 Протокол передачі.

Будь-яка посилка як у блок, так і з блоку має наступний формат:

Вміст посилки	КС	КП
---------------	----	----

де вміст посилки - послідовність байт, що містить передані дані, КС - контрольна сума посилки, КП - байт-ознака кінця посилки (0Dh). Параметри, передані блоком йдуть у тім порядку, у якому вони були запитані. Якщо розмір параметра – слово 2 байти), то порядок проходження байт спочатку молодша частина, а потім старша.

Контрольна сума розраховується як доповнення до нуля суми всіх байт посилки, крім байта кінця посилки. Значення контрольної суми байтове. Старші байти суми відкидаються.

Для того, щоб байт даних зі значенням 0Dh у вмісті посилки не був розцінений як кінець посилки, його заміняють на два байти 40h CDh. Байт зі значення 40h є префіксом, призначеним для внесення відмінності між байтом

даних зі значенням 0Dh і кінцем посилки, що має те ж значення. У тому випадку, якщо серед байтів дані посилки зустрічається байт зі значенням 40h, тобто значенням префіксу, цей байт замінюється на два байти 40h 00h.

Випадок, коли після префіксу в посилці знаходиться байт відмінний від CDh чи 00h, вважається помилковим. Програмному забезпеченню, що приймає дані з блоку необхідно відкидати посилку, що містить таку послідовність і пересинхронізувати прийом даних. Блок, прийнявши таку послідовність, зупиняє багаторазові команди, тому її можна використовувати в разі потреби як команду останова багаторазових команд.

Вибір значень послідовностей із двох байт, що кодує байти даних зі значеннями кінця посилки і префіксу не випадковий. Сума цих байт дорівнює значенням($40h+CDh=0Dh$; $40h+00h=40h$), що вони кодують. Це зроблено для того, щоб контроль правильності посилки полягав у підсумовуванні прийнятих байт доти, поки не зустрінеється кінець посилки. Якщо при цьому сума байт посилки дорівнює нулю, то посилка правильна.

5.3 Настроювання режиму передачі для обміну.

Для обміну з ЕБК є необхідним правильне настроювання швидкості передачі й апаратного протоколу RS-232. Блок використовує стандартну швидкість передачі 9600 бод, і 8-бітний протокол передачі зі стоп-бітом, без parity і з контролем Ctrl-Break.

5.4 Команди монітора обміну.

Команди монітора обміну дозволяють робити запит ЕБК на видачу даних, зміна даних у блоці, вносити зміни в послідовність виконання команд ПО ЕБК.

Команди монітора поділяються на команди верхнього і нижнього рівня.

Команди нижнього рівня

Команди нижнього рівня дозволяють працювати з блоком поза залежністю від того, яке ПО знаходиться в пам'яті блоку, оскільки працюють з конкретними адресами пам'яті блоку.

Таблиця 5.1 Список команд нижнього рівня.

Команда	Код команди	Назва команди
CVERS	1	читання номера версії монітора
CREADI	11H	читання байта RAM
CWRITI	12H	запис байта RAM
CREADX	13H	читання байта XRAM
CWRITX	14H	запис байта XRAM
CREADC	15H	читання байта CODE
CWRITC	16H	запис байта CODE
CREADDI	21H	читання кількох байт RAM
CWRITDI	22H	запис кількох байт RAM
CREADDX	23H	читання декількох байт XRAM
CWRITDX	24H	запис кількох байт XRAM
CREADDC	25H	читання кількох байт CODE
CWRITDC	26H	запис кількох байт CODE
CREADSFR	31H	читання SFR
CWRITSFR	32H	запис SFR
CGOTO	41H	перехід за адресою

Команди верхнього рівня.

Команди верхнього рівня призначені тільки для роботи з ПО ЕБК і призначені для запиту конкретних змінні програми. Список змінних, доступних для запиту міститься в модулі glismon.

Команди запиту даних верхнього рівня поділяються на двох груп: однократні і багаторазові, котрі відрізняються тим, що на однократну команду блок посилає запитувані дані однократно, а на багаторазову (мультикоманду) ЕБК починає передачу запитуваного блоку даних циклічно, доти, поки ця

передача не буде перервана. У свою чергу, мультикоманди відрізняються по способу синхронізації передачі з роботою ЕБК.

Таблиця 5.2 Однократні команди.

Команда	Код команди	Назва команди
CPASP	51Н,52Н,53Н;	читання паспорта програми
CPASD	54Н,55Н,56Н,57Н,58Н;	читання паспорта даних
CNUMPAR	60Н	читання кількості параметрів
CREADP	61Н	однократне читання кількох параметрів
CWRITP	62Н	запис параметрів
CREADL	63Н	читання кількох параметрів за списком
CWRITL	64Н	запис списку параметрів

Багаторазові команди.

Багаторазові команди, у залежності від способу синхронізації з роботою ПО ЕБК поділяються на команди першого і другого рівня.

Команди першого рівня не синхронізовані з роботою блоку і посилають дані з блоку весь вільний для цього час. Якщо посилка пакета запитаних даних не закінчується в поточному такті роботи двигуна, то вона буде продовжена в наступному такті. По завершенні посилки пакета посилка повторюється.

Команди першого рівня дозволяють одержати комплексну картину режиму роботи блоку і двигуна. Ці команди не призначені для одержання швидкозмінних даних, оскільки особливістю їхньої роботи є те, що якщо посилка запитаних даних не укладається в 1 такт роботи двигуна, те ця посилка буде продовжена в наступному такті. Однак, їхньою безсумнівною перевагою є можливість запитувати в блоку будь-яка кількість параметрів.

Команди другого рівня прив'язані до обертання колінвала і дозволяють посилати дані з блоку або кожен такт, або кожен N-ий такт. У випадку, якщо в поточному такті посилка пакета даних не довершена, посилка обривається і з наступного такту почнеться нова посилка. На відміну від команд першого рівня, команди другого рівня не дозволяють запитувати в блоку велику кількість параметрів. Це обмеження зв'язане з тим, що ці команди обривають посилку, якщо вона не укладається в один такт роботи двигуна. Особливістю команд другого рівня є можливість з їхньою допомогою досліджувати скороминучі процеси в блоці і двигуні.

Таблиця 5.3 Список багаторазових команд.

Команда	Код команди	Назва команди
CREADPF	71H	багаторазове читання декількох параметрів, 1 рівень
CREADPS	7FH	багаторазове читання декількох параметрів, 2 рівень (синхронізація по кожному такті)
	80H	синхронізація по 1 такту
	81H	синхронізація по 2 такту
	82H	синхронізація по 3 такту
	83H	синхронізація по 4 такту

Змінні для обміну.

Як уже згадувалося вище, список змінних, доступних для передачі з блоку, знаходиться в модулі `glismon.72`.

Модуль містить таблицю посилань (імена змінних) доступних для обміну монітору верхнього рівня. Масив `LISIND` містить імена змінних приймаючих участь в обміні, масив `TDL` містить їхній розмір.

Для того, щоб змінні, необхідні для обміну стали доступні, необхідно помістити їх у масив `LISIND`, відповідно скорегувавши масив `TDL` таким чином,

щоб у позиції, що відповідає положенню змінної в масиві LISIND, знаходився розмір цієї змінної в байтах. Наприклад, у масиві LISIND є змінна FREQ, що показує частоту оборотів колінвала в масштабі одиниць 40 об/хв. Вона знаходиться на 13-й позиції.

У масиві TDL їй відповідає, що знаходиться в 13-ої позиції розмір - 1 байт. У тому випадку, якщо необхідно замінити цю перемінну на яку-небудь іншу, потрібно нову перемінну поставити на місце FREQ, а в 13 позиції масиву TDL змінити розмір на новий, відповідний новій змінній.

Важливо відзначити, що в командах запиту змінних із блоку нумерація змінних починається з 1, тобто змінна TRANRAM має номер для запиту 1, EXHPORT - 2 і т.д.

<i>Таблиця 5.4 Список змінних, що містяться в модулі glismon.72</i>			
Номер змінної	Ім'я змінної	Розмір у байтах	Опис
1	TRANRAM	1	
2	EXHPORT	1	
3	EXCPORT	1	
4	EXCL	1	
5	EXCM	1	
6	EXCFOR	1	
7	EXCPROG	1	
8	ICERROR	1	Прапори помилок
9	SERRORL	1	Прапори помилок
10	SERRORH	1	Прапори помилок
11	PROLAM	1	Минуле значення INPLAM (сигналу з Лзонда)

12	TYPE	1	Комплектація (0- L-зонд, 1-адсорбер, 2кл.рецирк., 3- дат. детонації, 4- датчик тв., 5датчик фаз)
13	FREQ	1	Частота оборотів колінвала [40 про/хв]
14	NFREQ	1	Квантована частота колінвала (16)
15	NBFREQ	1	Квантована частота колінвала (32)
16	FREQX	1	Частота оборотів колінвала на холостому ходу
17	EFREQ	1	Помилка FREQ
18	JUFRXX	1	Таблична вставка FREQ на холостому ходу
19	JDUFREQ	1	Адаптивний зсув вставки х.х.
20	JUFREQ	1	Вставка FREQ
21	JGBCIN	2	GBC вхідне
22	JGBCD	2	Обмірюване GBC

Таблиця 5.4 Список змінних, що містяться в модулі *glismon.72*

Номер змінної	Ім'я змінної	Розмір у байтах	Опис
23	JGBCG	2	GBC граничне по дроселі
24	JGBC	2	Витрата повітря циклова
25	NGBC	1	Квантований GBC (16)
26	NBGBC	1	Квантований GBC (32)
27	NFRGBC	1	NGBC*16+NFREQ

28	JTKT256	1	Лічильник тактів - збільшується кожен такт на 1
29	JTSYS	1	Час роботи системи
30	JTIM256	1	Лічильник часу блоку - збільшується на 1 кожні 20 мс
31	JTSTOP	1	Час останова двигуна після RESET для б/н [1 сек]
32	JAIR	2	Витрата повітря
33	JGTC	2	Циклова подача палива [1/90 мг/такт]
34	JQT	2	Об'ємна витрата палива
35	JGTCA	1	Асинхронна циклова подача
36	TWAT	1	$t_{\text{охл.}}$ – температура
37	NTWAT	1	Квантована $t_{\text{охл.}}$ (охолодної рідини)
38	TAIR	1	Витрата повітря
39	NTAIR	1	Квантована витрата повітря
40	NUACC	1	Квантована Uборт.
41	RCO	1	Значення з потенціометра CO
42	THR	1	Дросель [%]
43	JSPEED	1	Швидкість автомобіля
44	JALAM	1	Квантований код АЦП датчика кисню
45	GB	1	Витрата повітря

Таблиця 5.4 Список змінних, що містяться в модулі glismon.72

Номер змінної	Ім'я змінної	Розмір у байтах	Опис
---------------	--------------	-----------------	------

46	VALF	1	ALF у програмному перериванні
47	INJ	2	Упорскування
48	FAZ	1	Фаза упорскування
49	COEFFF	1	Коефіцієнт продуктивності форсунок
50	KP	1	Спробний коефіцієнт при паливоподачі регулюванні по L-зонду
51	UGB	1	Витрата повітря через байпас
52	SSM	1	Вставка положення крокового мотора
53	FSM	1	Поточне положення крокового мотора
54	JDKGTC	1	Коефіцієнт динамічної корекції GTC
55	JKGBC	1	Коефіцієнт розрахунку GBC по дроселі
56	UOZ	1	УОЗ (кут випередження запалювання)
57	UOZOC	1	УОЗ для октанкорректора [0.5 град]
58	UOZXX	1	УОЗ на холостому ходу
59	DUOZ1	1	Зсув УОЗ по детонації 1 циліндр
60	DUOZ2	1	Зсув УОЗ по детонації 2 циліндр

61	DUOZ3	1	Зсув УОЗ по детонації 3 циліндр
62	DUOZ4	1	Зсув УОЗ по детонації 4 циліндр
63	JADS	1	Ступінь продувки адсорбера
64	JEGR	1	Ступінь рециркуляції
65	MODE	1	Режимні прапори
66	MODE1	1	Режимні прапори
67	JATHR	1	Код АЦП датчика дросельної заслінки
68	JAUACC	1	Код АЦП бортової напруги
69	JATWAT	1	Код АЦП $t_{охл.}$

Таблиця 5.4 Список змінних, що містяться в модулі *glismon.72*

Номер змінної	Ім'я змінної	Розмір у байтах	Опис
70	JATAIR	1	Код АЦП $t_{возд.}$
71	JADET	1	Сигнал з датчика детонації
72	JARCO	1	Сигнал з потенціометра CO
73	JARDIA	1	Запит діагностики
74	TABKF	32	
75	TABKF1	32	
76	TABKF2	32	
77	TABKF3	32	
78	TABKF4	32	
79	TABKF5	32	

80	TABKF6	32	
81	TABKF7	32	
82	TKFADS	32	
83	TKFADS1	32	
84	TKFADS2	32	
85	TKFADS3	32	
86	TKFADS4	1	
87	TKFADS5	1	
88	TKFADS6	1	
89	TKFADS7	1	
90	BFKGBC	1	
91	COUNTERR	1	

5.5 Формати команд і відповідей на них великого і малого монітора.

Коди команд монітора

CREADDI = 21H - читання декількох байт RAM Посилка в блок керування

:

21h,

#Addr - початкова адреса області RAM, що буде лічена

#N - кількість байт для зчитування

CS,

_EOL.

Відгук із блоку керування :

#Addr,

#N,

#Src1,

...

#SrcN,

CS,

_EOL.

CWRITDI = 22H - запис декількох байт RAM Посилка в блок керування :

22h,

#Addr - початкова адреса області RAM, у которую будуть записані дані

#N - кількість байт для запису

#Src1

...

#SrcN,

CS,

_EOL.

Відгук із блоку керування :

00h - коректне завершення операції, 01h - помилка при виконанні

CS,

_EOL.

Команди великого монітора. CWRITP = 62H - запис параметрів Посилка в блок керування :

62h - команда запису параметрів,

[[ind] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 1 байт, #Src - значення змінної яке пропишеться при виконанні команди,

...

[[ind] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 2 байти,

#Src - значення змінної, котре пропишеться по молодшій адресі,

#Src - - -, по молодшій адресі,

...

CS,

_EOL.

Відгук із блоку керування :

00h - коректне завершення операції, 01h - помилка при виконанні

CS,

_EOL.

CPASP = 51H,52H,53H - читання паспорта програми Посилка в блок

керування :

51h, | 52h | 53h

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування :

#Src1 - ASCII коди текстової інформації довжиною 16 байт

... з інформацією з прошивання ПЗП

#Src16 -

CS,

_EOL.

CPASD = 54H +0,+1,+2+3,+4 - читання паспорта даних Посилка в блок

керування :

54h, | 55h | 56h | 57h | 58h

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування :

#Src1 - ASCII коди текстової інформації довжиною 16 байт

... з інформацією з таблиць калібрування двигуна

#Src16 -

CS,

_EOL.

CNUMPAR = 60H - читання кількості параметрів Посилка в блок

керування :

60h,

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування :

80h - довжина таблиці змінних блоку,

CS,

_EOL.

CREADP = 61H - однократне читання декількох параметрів [Посилка в блок керування](#) :

61h,

[[ind1] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 1 байт,

...

[[ind] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 2 байти,

...

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування :

#Src1 - змінна довжиною 1 байт.

...

#SrcNL - молодший байт двобайтової змінної,

#SrcNH - старший байт двобайтової змінної,

...

CS,

_EOL.

CWRITL = 64H - запис списку параметрів

По команді в пам'яті формується список параметрів точніше індексів параметрів,що при наступному виконанні команди читання за списком визначать дані, що зчитуються.

[Посилка в блок керування](#) :

64h,

[[ind1] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 1 байт,

...

[[ind] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 2 байти,

...

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування :

00h - коректне завершення операції, 01h - помилка при виконанні

CS,

_EOL.

CREADL = 63H - читання декількох параметрів за списком

По команді виробляється читання параметрів по заздалегідь визначеному списку причому довжина параметрів визначена природно при внесенні списка.

Посилка в блок керування :

63h,

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування :

#Src1 - змінна довжиною 1 байт.

...

#SrcNL - молодший байт двобайтової змінної,

#SrcNH - старший байт двухбайтової змінної,

...

CS,

_EOL.

CREADPF = 71H - багаторазове читання декількох параметрів, 1 рівень

Посилка в блок керування :

71h,

[ind1] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 1 байт,

...

[ind] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 2 байти,

...

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування, повторюється періодично:

#Src1 - змінна довжиною 1 байт.

...

#SrcNL - молодший байт двобайтової змінної,

#SrcNH - старший байт двобайтової змінної,

...

CS,

_EOL.

CREADPS = 7FH +0,+1,+2,+3,+4 - багаторазове читання декількох параметрів, 2 рівень

Посилка в блок керування :

7Fh, | 80h | 81h

[[ind1] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 1 байт,

...

[[ind] - індекс змінної в таблиці змінних [1..80] довжина 2 байти,

...

CS,

_EOL,

Відгук із блоку керування, повторюється періодично, причому періодичність передачі визначається для команд 80h, 81h номером поточного такту роботи поки немає інформації з частоти передачі параметрів:

#Src1 - змінна довжиною 1 байт.

...

#SrcNL - молодший байт двобайтової змінної,

#SrcNH - старший байт двобайтової змінної,

...

CS,

_EOL.

У двох останніх випадках передачу параметрів можна зупинити закорочуванням лінії ALDL.

6 Обґрунтування економічної ефективності

6.1 МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЕКТОВАНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ

Проведення будь-якого наукового дослідження передбачає наявність чітко сформульованої мети, що дає змогу експериментаторові всебічно вивчити реакцію цієї системи на вплив усієї сукупності факторів, які визначають її поведінку. Кількісна характеристика цієї мети називається параметром оптимізації. Використовуючи цю характеристику, можна визначити існуючі зв'язки між вхідним і вихідним параметрами системи.

З математичної точки зору пошук таких зв'язків можливий лише за наявності єдиного параметра оптимізації. Тоді всі інші характеристики досліджуваного процесу чи об'єкта використовуються як відповідні обмеження.

У реальних умовах реакція технологічної системи на вплив вхідних параметрів дуже різноманітна, тому в більшості випадків доводиться розв'язувати багатопараметричні задачі, використовуючи при цьому різні методи зменшення загальної кількості параметрів оптимізації. З цією метою необхідно переформулювати задачу, тобто змінити параметри оптимізації, або поділити її на ряд дрібних задач, що послідовно розв'язуються, або створити узагальнений параметр оптимізації, що є деякою функцією від множини початкових параметрів.

З огляду на викладене можна стверджувати, що вибір параметрів оптимізації є найважливішим моментом на етапі передпланування експерименту, оскільки він визначає повноту характеристики досліджуваної системи чи об'єкта.

6.1.1 Класифікація вихідних параметрів досліджуваної системи

Залежно від вигляду об'єкта й мети дослідження параметри оптимізації дуже різні. Умовно їх можна поділити на економічні, техніко-економічні, техніко-технологічні й статистичні (рис. 2.1).

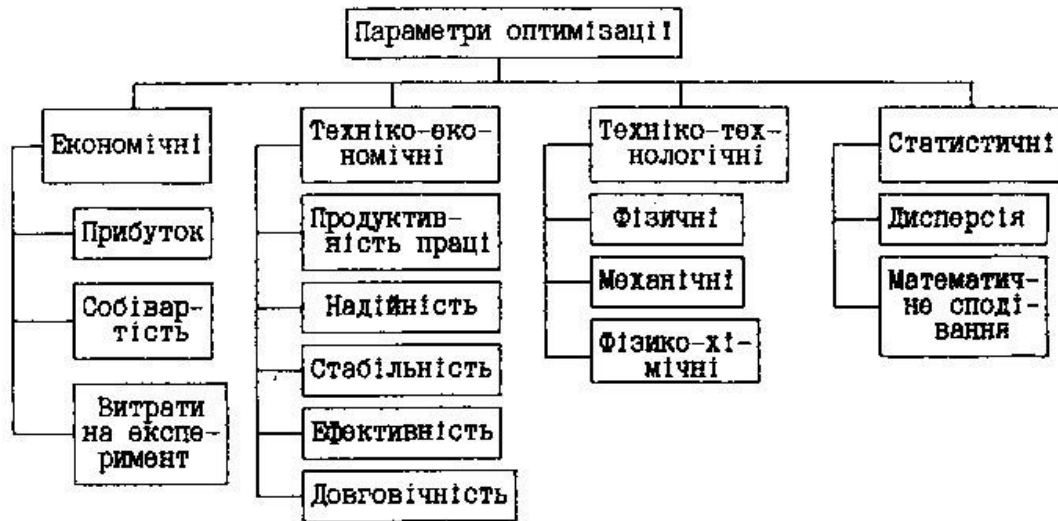


Рисунок 6.1 Класифікація параметрів оптимізації

До економічних параметрів оптимізації належать економічна ефективність, собівартість і рентабельність різних технологічних процесів та систем, а також витрати на експеримент, що значною мірою визначають вибір плану експерименту. Ці параметри широко використовуються при аналізі діючих виробничих і лабораторних процесів.

Найпоширенішим серед техніко-економічних параметрів є продуктивність праці, що тісно пов'язана з технічним оснащенням виробництва, підвищенням рівня механізації праці основних і допоміжних робітників, раціональним використанням робочого часу. До цієї групи належать також стійкість різального Інструмента, довговічність, стабільність, надійність роботи як усієї технологічної системи, так і її окремих підсистем. Ці параметри пов'язані з тривалими спостереженнями та потребують великих витрат на дослідження.

У технологічних дослідженнях найчастіше використовуються технологічні параметри оптимізації, до яких належать показники якості виробів (точність, шорсткість, фізико-механічні властивості оброблених поверхонь та ін.) і кількісні характеристики процесу (вихід придатних деталей, процент браку та ін.). Показники якості досить різноманітні. Звичайно вони групуються за видами властивостей.

У процесі дослідження продукції, що випускається, стабільності різних машин і приладів, визначення шорсткості, мікротвердості, амплітуди й частоти

вібрацій, стійкості інструментів тощо широко використовують статистичні параметри (дисперсію або математичне сподівання), що дають можливість поліпшити характеристики випадкових величин або випадкових функцій. При цьому завжди передбачається проведення попередніх дослідів, метою яких є визначення мінімального інтервалу між незалежними змінними. Результати цих дослідів ураховують, вибираючи умови основних експериментів, що забезпечують вимогу незалежності спостережень. Залежно від мети дослідження й складності об'єкта змінюються підходи до вибору припустимої сукупності параметрів оптимізації, за допомогою якої можна дістати найповнішу інформацію про даний об'єкт.

6.2 Техніко-економічні параметри проектованої системи діагностики

Одним з важливих етапів розробки технічної діагностики є роботи з визначенню діагностичних ознак, обсяг і інформативність яких, повинні в принципі враховувати особливості прийнятих на стадії проектування конструкторських і технологічних рішень, якість виготовлення і монтажу, досвід експлуатації об'єктів - прототипів і особливості умов експлуатації об'єктів діагностики. В міру збору статистичних даних перелік діагностичних ознак повинний уточнюватися й удосконалюватися вирішальні правила розпізнавання дефектів.

Фахівці з технічного обслуговування зіштовхуються з задачами оцінки співвідношення витрат і прибутку від впровадження моніторизації механічних коливань для проведення технічного обслуговування на основі стану машинного устаткування. У таблиці приведені зведення про витрати й економію для оцінки економічної ефективності систем технічного обслуговування об'єктів по стані.

Таблиця 6.1 Дані для економічного балансу системи технічного обслуговування та діагностики стану

Витрати	Економія
---------	----------

<ul style="list-style-type: none"> • попередні дослідження, вибір точок моніторизації, визначення граничних значень • вибір і закупівля апаратури і програм • навчання персоналу проведенню моніторизації • навчання інженерних працівників проведенню оцінки результатів моніторизації 	<ul style="list-style-type: none"> • збільшення середнього часу між •ремонтами (ріст продуктивності і •зниження витрат на технічне •обслуговування) • фактичне усунення несподіваних •поломок (підвищення надійності і продуктивності) усунення вторинних поломок (поломка редуктора через несправність підшипника) • усунення непотрібної витрати деталей (заміна справних деталей) • зменшення обсягу запасних частин (видача попередження про необхідність замовлення запасних частин) зменшення тривалості ремонтів (необхідні ремонти плануються заздалегідь) • підвищення безпеки (знижується імовірність несподіваної поломки агрегату і тим самим збільшується безпека персоналу) • підвищення продуктивності виробничих процесів
---	---

Дослідження в США показали, що перехід від методу аварійного обслуговування (від поломки до поломки) до методу по фактичному технічному стану дозволяє знизити витрати на обслуговування від 17 дол. США на одну к.с. у рік до 9дол., тобто забезпечити економію 47%.

Аналогічно, перехід від методу планово-попереджувального обслуговування до обслуговування по стану означає економію витрат на обслуговування 32%. Отже, витрати на створення систем моніторингу і діагностики машин швидко окупляться, а якщо врахувати і штрафи за забруднення навколишнього середовища і виплати за збиток здоров'ю, тобто соціально-економічний ефект буде значно вищий.

Значне зменшення обсягу робіт з технічного обслуговування не обов'язково означає звільнення персоналу по технічному обслуговуванню. Його можна зобов'язати займатися підготовкою і проведенням вимірів, а також більш ретельно проводити роботи з огляду і перевірки кожної машини, знятої з експлуатації для проведення ремонту. Завдяки цьому підвищиться надійність і безпека машин. Проведення термінових робіт, що раніш могли бути виконані тільки наспіх, повинні стати надбанням минулого.

7 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

7.1 Навчання працюючих та інструктажі з охорони праці.

Згідно із Законом України «Про охорону праці», Державний комітет України з нагляду за охороною праці наказом від 04.04.94 р. №30 затвердив «Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників із охорони праці». У відповідності з цим документом, усі працівники при прийнятті на роботу і процесі роботи проходять на підприємстві інструктаж з питань охорони праці, наданням першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, з правил поведінки при аваріях. Навчання працівників правилам безпеки праці запроваджується в усіх підприємствах, установах незалежно від характеру і ступеня небезпеки виробництва. Форми такого навчання: інструктажі, технічні мінімуми, так зване курсове навчання, спеціальне навчання, навчання (перевірка знань) посадових осіб, підвищення кваліфікації, навчання студентів та учнів навчальних закладів.

Навчання посадових осіб, згідно з переліком, затвердженим Державним комітетом з нагляду за охороною праці (наказ Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 11.10.93 р. №94), проводять до початку виконання ними своїх обов'язків і періодично один раз на три роки в установленому порядку. Для них також запроваджується перевірка знань з охорони праці в органах галузевого або регіонального управління охороною праці з участю представників органів державного нагляду та профспілок. У разі незадовільних знань працівники повинні пройти повторну підготовку.

Міністерство освіти України запроваджує навчання з основ охорони праці в усіх навчальних закладах системи освіти, а також підготовку та підвищення кваліфікації фахівців з охорони праці з урахуванням особливостей відповідних галузей народного господарства за програмами, погодженими з Державним комітетом України з нагляду за охороною праці.

Велике значення у забезпеченні високого рівня охорони праці має пропаганда знань, передового досвіду, новітніх досягнень науки і техніки в цій галузі. Основними методами та формами такої пропаганди є лекції, бесіди та консультації,

плакати і навчально-наочні посібники, тематичні виставки, конкурси, кінофільми, діафільми та ін.

Інструктажі з питань охорони праці проводяться на всіх підприємствах, установах і організаціях незалежно від характеру їх трудової діяльності, підлеглості і форми власності. Мета інструктажу - навчити працівника правильно і безпечно для себе і оточуючого середовища виконувати свої трудові обов'язки.

Інструктажі за часом і характером проведення поділяють на; вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками, які щойно прийняті на роботу (постійну або тимчасову), незалежно від їх освіти, стажу роботи за цією професією або посади; працівниками, які знаходяться у відрядженні на підприємстві й беруть безпосередню участь у виробничому процесі; з водіями транспортних засобів, які вперше в'їжджають на територію підприємства; учнями, вихованцями та студентами навчально-виховних закладів перед початком трудового й професійного навчання в лабораторіях, майстернях на полігонах тощо.

Вступний інструктаж проводить спеціаліст відділу охорони праці або особа, що призначена наказом для проведення цієї роботи. Місце проведення вступного інструктажу - кабінет охорони праці або інше приміщення, обладнане наочними матеріалами.

Програма вступного інструктажу розробляється відділом охорони праці згідно з переліком питань, наведеним у додатку до Типового положення про навчання з питань охорони праці. Програму та тривалість інструктажу затверджує роботодавець.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в спеціальному журналі, а також в документі про прийняття працівника на роботу, де розписуються інструктуючий та проінструктований працівник.

Первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде виконувати нову для нього роботу, студентом, учнем та вихованцем перед роботою в майстернях, лабораторіях, дільницях тощо.

Первинний інструктаж проводиться індивідуально або для групи осіб спільного фаху за програмою, складеною з урахуванням вимог відповідних інструкцій з охорони праці та інших нормативних актів про охорону праці, технічної документації і орієнтованого переліку питань первинного інструктажу, викладених в додатку до Типового положення про навчання, інструктаж та перевірку знань з питань охорони праці. Програма первинного інструктажу розробляється керівником цеху чи дільниці, узгоджується зі службою охорони праці і затверджується роботодавцем, керівником навчального закладу або відповідного структурного підрозділу.

Усі робітники і випускники професійних навчальних закладів після первинного інструктажу на робочому місці повинні пройти стажування протягом 2-15 змін під керівництвом досвідчених кваліфікованих робітників або спеціалістів, що призначаються наказом (розпорядженням) по підприємству, цеху, дільниці, виробництву. В окремих випадках стажування може не призначатися, якщо робітник має стаж роботи за своєю професією не менше трьох років, а робота, яку він виконуватиме, для нього знайома з попереднього місця праці.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці з усіма працівниками: на роботах із підвищеною небезпекою - один раз на квартал; на інших роботах - один раз у півріччя. Мета інструктажу - поновити знання та уміння виконувати працівником роботу правильно і безпечно. Проводиться інструктаж індивідуально або для групи працівників, що виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу в повному обсязі.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці у випадках:

- при введенні в дію нових або змінених нормативних актів про охорону праці;
- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці;
- при порушенні працівником нормативних актів, що може призвести до травми, отруєння або аварії;

– на вимогу працівника органу державного нагляду або вищої за ієрархією державної чи господарської організації при виявленні недостатнього знання працівником безпечних прийомів праці і нормативних актів про охорону праці;

– при перерві в роботі виконавця робіт більше, ніж 30 календарних днів (для робіт із підвищеною небезпекою), а для решти робіт - більше 60 днів.

Позаплановий інструктаж проводиться індивідуально або для групи працівників спільного фаху. Обсяг і зміст інструктажу визначається для кожного окремого випадку залежно від причин і обставин, що викликали необхідність його проведення.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками у випадках:

– при виконанні разових робіт, що не пов'язані безпосередньо з основними роботами працівника;

– при ліквідації наслідків аварії і стихійного лиха;

– при виконанні робіт, що оформлюються нарядам-допуском, письмовим дозволом та іншими документами;

– в разі проведення екскурсій або організації масових заходів з учнями та вихованцями (екскурсії, походи, спортивні заходи тощо).

Цільовий інструктаж фіксується нарядам-допуском або іншим документом, що дозволяє проведення робіт.

Первинний, повторний, позаплановий та цільовий інструктаж проводить безпосередньо керівник робіт (начальник виробництва, цеху, ділянки, майстер, інструктор виробничого навчання, викладач тощо). Перевірка знань здійснюється усним опитуванням або за допомогою технічних засобів навчання, а також перевіркою навичок виконання робіт відповідно до вимог безпеки.

Первинний, повторний та позаплановий інструктажі, стажування та допуск до роботи реєструються в спеціальних журналах. При цьому обов'язкові підписи як інструктованого, так і інструктуючого. Журнали інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою.

Працівники, що не пов'язані з обслуговуванням обладнання, використанням інструменту, збереженням сировини, матеріалів тощо, можуть бути звільнені від первинного, повторного та позапланового інструктажу за наказом (розпорядженням) керівника підприємства по узгодженню з державним інспектором Держнаглядохоронпраці.

Роботодавець або керівник структурного підрозділу зобов'язаний видати працівнику примірник інструкції з охорони праці за його професією або вивісити її на робочому місці

7.2 Правила техніки безпеки при експлуатації обладнання, що проектується.

Техніка безпеки - система організаційних заходів і технічних засобів, які запобігають дії на працюючих небезпечних виробничих факторів. Небезпека обладнання та виробничих процесів, яка виявляється під час експлуатації, закладається ще в процесі проектування та конструювання. Тому дуже велике значення має дотримання вимог безпеки вже під час їх розробки.

Експлуатація обладнання повинна відбуватися відповідно до вимог правил техніки безпеки, в яких закладаються заходи щодо усунення небезпеки як узагальненого характеру, так і стосовно конкретного обладнання. Ретельне виконання вимог цих правил запобігає нещасним випадкам.

Встановлені відповідні вимоги до конструктивних елементів обладнання.

Матеріали, які використовуються в конструкціях та конструктивних елементах обладнання, не повинні бути небезпечними і шкідливими. Нові матеріали повинні попередньо пройти перевірку на гігієнічність і забезпечення пожежо – вибухової безпеки.

Конструкція та розташування органів керування не повинні заважати зручному, точному та швидкому керуванню та спостереженню за сигнальними пристроями. Всі органи керування забезпечуються чітко виготовленими знаками

або написами, що однозначно визначають їх призначення і можливість прочитання на відстані 500 мм.

Конструкція машини має виключити можливість накопичування статичної електрики. На машину наносять сигнальні кольори та знаки безпеки.

Включення машини або його окремих механізмів здійснюють з одного робочого місця. Допускається також застосування дубльованих органів за умови неодночасного включення. Нормоване значення зусилля на рукоятці керування залежить від часу керування: якщо керування постійне - 40 Н, якщо непостійне – (60 ... 120 Н.).

Органи керування обладнанням повинні відповідати наступним основним вимогам: мати форму, розміри і поверхню безпечні і вигідні для роботи; зручно розміщені в робочій зоні; розміщатися з врахуванням вимог щодо зусиль, які не перевищують нормативи, встановлені стандартами; електричні схеми мають забезпечувати автоматичне відключення вимикача незалежно від положення органів управління за раптового зникнення напруги у мережі та не допускати самовільного вмикання при відновленні напруги.

Керування однаковим обладнанням повинно бути уніфіковано.

Дистанційне керування забезпечує контроль і регулювання роботи обладнання з місць, достатньо віддалених від небезпечних зон. Режим роботи обладнання визначають датчиками контролю, сигнали від яких надходять до пульта керування, де розташовуються як засоби інформації, так і органи керування.

Обладнання повинно виготовлятися з урахуванням **ергономічних** вимог. Можна виділити три характерних відповідності між особливостями людини і якістю промислових виробів у процесі їх виготовлення: антропометричну, психофізіологічну та естетичну.

Антропометрична відповідність - правильний вибір параметрів конструкцій, з точки зору антропометричних особливостей тіла людини.

Психофізіологічна відповідність визначається особливостями відчуттів людини: зору, слуху, дотику, нюху.

Естетична відповідність - це емоційне задоволення людини від зорового сприйняття, з точки зору естетики (гармонійність, пропорції, колір, масштабність) за повної відповідності виробу функціональному призначенню.

7.3 Вплив кольору на покращення умов праці і підвищення продуктивності праці.

До умов праці на виробничих підприємствах ставляться високі естетичні вимоги. Приємний зовнішній вигляд обладнання, правильний вибір кольору фарбування стін, стель, підлоги, красивий та зручний спецодяг покращують настрій та самопочуття працівників, знижують їх втомлюваність, зменшують кількість нещасних випадків.

Колір є одним з важливих факторів, котрі формують сприятливе виробниче оточення. Застосування відповідних кольорів при опорядженні приміщень, фарбування обладнання та оформлення інтер'єрів передбачають створення сприятливого "кольорового клімату" -раціонально підібраного поєднання кольорів. Як відомо, кожний колір характеризується трьома показниками - довжиною хвилі (кольоровий тон), коефіцієнтом відбиття (яскравість) і насиченістю (наближення кольору до чистого спектрального або ступінь розбавлення кольору білим).

Психологічне (емоційне) сприйняття кольору часто пов'язане з асоціаціями, життєвим досвідом. Наприклад, червоний, жовтогарячий, жовтий називають теплими,-асоціюючи їх з кольором полум'я, сонця; синій, фіолетовий, блакитний, зелений - холодними, пов'язуючи їх з кольором льоду, води. Деякі кольори називають радісними, веселими (рожевий, жовтогарячий) за асоціацією з квітами, стиглими плодами, а фіолетовий, темно-синій - безрадісними.

Для характеристик кольорів використовують такі визначення: помітні (яскраві) - насичені контрастні поєднання, виступаючі - темні та насичені, відступаючі - світлі ахроматичні, малонасичені.

У кольорознавстві розроблені таблиці кольорів, що гармонують та контрастують і можуть бути використані для кольористики фарбування обладнання та інтер'єрів. Деякі з них наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Характеристика гами гармонуючих та контрастуючих кольорів

Кольори для фарбування приміщень вибирають з врахуванням

Основний	Гармонуючий	Контрастуючий
Білий	Сірий, бузковий	Чорний, брунатний, зелений
Чорний	Червоний, сірий, синій	Білий, жовтий, жовтогарячий
Синій	Зелений, брунатний	Червоний, білий
Зелений	Жовтий, брунатний	Червоний, жовтогарячий
Брунатний	Синій, зелений	Сірий, білий

розташування виробничих приміщень відносно сторін світу та їх пропорцій. Приміщення, які гарно освітлюються природним світлом, краще фарбувати в насичені кольори: сіро-синьо-зелені, а затемнені – в жовто-білі. Фарбування стін, стелі та підлоги може зменшувати або збільшувати освітленість приміщення. Тому стіни й стелі в них треба фарбувати в кольори, які відбивають не менше 50% падаючого на них світла: світло-жовтий, салатний, світло-бежевий, блакитний. Такі кольори запобігають зоровій та нервовій втомі працівників, сприяють підвищенню освітленості на робочих місцях за рахунок відбитого світла. Для стель бажано вживати тільки білий колір. Темне фарбування поглинає багато світлових променів, погіршує освітленість приміщень, призводить до втоми зору та підвищує ймовірність виробничого травматизму.

Властивості кольору використовуються для зниження виробничого травматизму в системі сигнально-запобіжних кольорів.

Червоний колір використовується як застережний, забороняючий. Цим кольором фарбують протипожежне обладнання, важелі та кнопки негайної зупинки

машин та механізмів, внутрішні поверхні або частини котрих є травмонебезпечними (небезпечні зони).

Жовтий колір означає "увага", "обережно". Його використовують для фарбування обладнання, що рухається, - візків, тельферів, підйомників, навантажувачів, електрокарів тощо. Для концентрації уваги фарбування виконують чорними і жовтими прямими та похилими смугами.

Зелений колір означає відсутність небезпеки. У цей колір фарбують шафи із засобами першої допомоги, місця знаходження санітарних нош тощо.

Синій колір є інформативним і використовується для нанесення приписуючих надписів.

Щоб виділити основний колір, для контрасту застосовують білий та чорний кольори. Для попереджувального фарбування трубопроводів застосовують такі кольори: червоний - пара, жовтогарячий - кислота, жовтий - газ, зелений - вода, синій - повітря. Додатково на труби наносять смуги у вигляді кілець червоного кольору - для позначення вибухонебезпечних і вогненебезпечних речовин: жовтого – отруйних газів та рідин; зеленого – безпечних і нейтральних речовин.

Організація освітлення приміщень також несе велике естетичне навантаження, створенню якого сприяють різні джерела. При застосуванні ламп розжарювання теплі кольори виглядають чистими, насиченими, а холодні – сірими та брудними.

8 Екологія

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.

Термін екологія в наш час став широко відомим і загальноживаним. На початку століття його знали лише вчені-біологи, а в 60-х роках ХХ століття, коли розвинулася криза взаємин людини з середовищем існування, виник екологічний рух, що набуває все більшого розмаху. Предмет „екологія” було введено в середній та вищій школі. На рубежі третього тисячоліття це поняття досягло найвищого політичного рівня і екологічний імператив став визначати розвиток матеріального виробництва та культури суспільства. Екологія стала для всього людства не лише наукою, але й способом мислення, поведінки, реальністю дій. Вона стала однією зі сторін гуманізму, що включає в себе духовність, розуміння, єдності людини з природою, високу культуру та інтелект

Е. Геккель терміном "екологія" визначив біологічну науку, що вивчає взаємовідносини організмів з оточуючим їх середовищем. В наш час цей термін став звичним і з ним пов'язується екологізація сучасних наукових дисциплін. Будь-яка зміна середовища існування є компетенцією екології.

Екологія, постійно збільшуючи набір факторів зовнішнього середовища, вивчає вплив на особини, популяції, на людину. Звідси випливає прямий зв'язок екології з господарською діяльністю людини, особливо з такими масштабними виробництвами, як енергетика, паливо- та ресурсовидобувні комплекси, хімія, транспорт, лісове та сільське господарство тощо.

Одним з найважливіших завдань екології є оптимізація взаємин між людиною, з одного боку, окремими видами та популяціями, екосистемами — з другого. При проведенні досліджень та реалізації практичних заходів в цьому напрямку важливим є врахування екологічної значущості та реальної господарської важливості кожного виду, популяції та екосистеми. В зв'язку з цим збереження всіх видів, популяцій та екосистем на нашій планеті вважається екологічно та економічно доцільним, а концепція альтернативно корисних та шкідливих — є хибною. Оптимізація, співіснування людини з природою повинна

супроводжуватися мінімальними втратами врожаю, мінімальними збитками, що завдаються живим організмам та неживій природі, спорудам та пам'ятникам культури, недопущенням зникнення окремих видів тваринного та рослинного світу, запобіганням дискомфорту урбанізованого середовища та зростання захворюваності населення. Це може бути досягнуто екологічною регламентацією господарської діяльності людини, для здійснення котрої необхідні екологічні знання, переконаність в необхідності рішучих дій в галузі охорони природи та екологічне виховання всього населення. Виникнення на планеті локальних екологічних катастроф зумовлює необхідність розробки дієвих заходів щодо зниження викидів шкідливих-речовин в навколишнє середовище та його забруднення, створення: екологічно ощадних, маловідходних і безвідходних технологій, економії ресурсів.

Характерною рисою екології є те, що вона не належить до числа наукових дисциплін з простою лінійною структурою, оскільки вона є міждисциплінарною. В той же час дуже важливим є вивчення основних екологічних законів якомога раніше. В процесі свого розвитку та освоєння людиною нових дисциплін екологічні знання повинні неперервно накопичуватися.

Екологія є спільною базою співпраці фахівців усіх напрямків: натуралістів та інженерів, експериментаторів та вчених-теоретиків, біологів, математиків, медиків, метеорологів, для яких екологічні знання є життєво необхідними. Набуття кожною людиною екологічних знань буде сприяти дбайливому ставленню до природи, збереженню її та меншій кількості ударів з її боку у відповідь за бездумне ставлення до неї. Все більше людей бере участь у діяльності з охорони навколишнього середовища, а екологія стає все більш важливою для життя людини та її існування на планеті.

8.2 Шкідливі викиди, що виникають при виготовленні основних деталей приладу (гальванопроцеси).

В гальванічних цехах здійснюються процеси покриття та підготовки поверхні металевих виробів до покриття: шліфування, полірування, очищення, знежирювання, декапірування.

Гальванічні цехи потребують особливо пильної уваги щодо нагляду з техніки безпеки.

Під час електролізу, особливо під час явища поляризації електричної напруги, відбувається виділення з поверхні ванни бульбашок водню, кисню та інших газів. Разом з ними в повітря виноситься у вигляді туману електроліт, забруднюючи його токсичними речовинами (хромовий ангідрид, ціаністий водень та ін.).

Потрапляння електроліту на відкриту поверхню шкіри призводить до захворювань шкірного покриву, а вдихання деяких речовин, наприклад хромового ангідриду під час хромування, — до ураження слизової оболонки носа аж до перфорації хрящової його перегородки. Серед уражень шкірного покриву у робітників гальванічних цехів найчастіше трапляються екземи і дерматити, що спричинюються солями нікелю.

Майже всі розчини в якійсь мірі отруйні, тому ні в якому разі не можна їсти поблизу ванн, палити, пити з посуду, не призначеного для цієї мети.

Гальваноцехи повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією. Відсмоктувати треба не лише виділення з ванн, але й пил, що утворюється під час шліфування і полірування виробів. Добрі наслідки дає тільки місцева вентиляція, тобто відсмоктування шкідливих газів, парів, пилу, безпосередньо в тому місці, де вони утворюються.

На шліфувально-полірувальних верстатах повинні бути кожухи з листового заліза, що за допомогою трубопроводу з'єднуються з відсмоктувальною вентиляційною магістраллю. Гальванічні ванни, що виділяють шкідливі випаровування, а також ванни для знежирювання, травлення і гарячого промивання забезпечуються щілинними вентиляційними каналами по бортах ванни (рис. 8.2.1).

Окремо слід сказати про обережність під час роботи з розчинами. знежирюючі лужні розчини роз'їдають шкіру. Через те що знежирювання

протікає при температурі, близькій до температури кипіння, розчин може перегрітися, почне кипіти і бризки його можуть потрапити на шкіру. В таких випадках необхідно швидко промити уражене місце водою і слабким розчином органічної кислоти, наприклад оцтової або винної.

Травильні розчини, потрапляючи на шкіру, викликають опіки. Особливо тяжкі наслідки від дії сірчаної та азотної кислот, тому слід вживати запобіжних заходів щодо їх зберігання і транспортування.

В разі отруєння окислами азоту треба негайно дати потерпілому дихати киснем, який завжди слід тримати поблизу травильних установок.

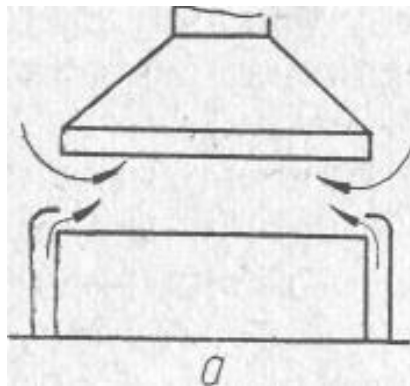


Рисунок 8.2.1 - Схема бортового відсмоктування передувкою
а — пристрій передувки з ванни під витяжний зонт.

Щоб запобігти опікам, необхідно працювати в гумових чоботах, носити гумові рукавиці та гумові чи прогумовані фартухи.

Усякі ціаністі сполуки дуже отруйні, тому поводитися з ними треба дуже обережно. Найотруйніша летка синильна кислота, що утворюється при розкладанні ціаністого калію або натрію. Найбільш надійним заходом техніки безпеки і в даному випадку є бортова вентиляція. Отруєння ціаністими сполуками досить часто закінчується смертю.

Дуже небезпечно, коли на уражену шкіру рук потрапляють ціаністі солі. Позбутися цього можна, якщо механізувати процес приготування ціаністих розчинів таким чином, щоб робітники були ізольовані від солей.

Ртутні солі, які застосовують для амальгамування мідних і латунних виробів, також небезпечні.

Розміщувати устаткування слід відповідно до технологічного процесу, обминаючи зустрічні потоки. Щоб розчини кислот не могли змішатися з розчинами ціаністих солей (це призводить до утворення ціаністого

водню), устаткування з ціаністими розчинами треба зосереджувати в одному місці цеху, а устаткування з кислотними розчинами — в іншому. Кислі ванни (для декапірування, прояснення та ін.), які за технологічним процесом повинні розміщуватися поблизу ціаністих ванн, знаходяться від останніх на віддалі не менше 3—4 м при умові, що вони розділені ваннами з водою, содовими або лужними розчинами. З цих самих міркувань ванни міднення в кислих розчинах і знімання в кислоті недоброякісних покриттів цинком і кадмієм повинні бути у відділенні нікелювання.

8.3 Заходи щодо усунення шкідливих викидів.

Основною умовою поліпшення умов праці і техніки безпеки в гальванічних цехах є створення комплексної технології із застосуванням нової техніки та автоматизації всіх процесів.

Оскільки на введення автоматичних ліній та інших технічних удосконалень потрібні великі витрати, найдоцільніше запроваджувати їх, проектуючи і будуючи нові заводи.

Головним у створенні комплексної технології термічної обробки є механізація трудомістких операцій і автоматизація керування процесами обробки.

На багатьох заводах масового виробництва механізовані процеси завантаження і вивантаження деталей, автоматизовано процес нагрівання та контролю атмосфери в робочому просторі печі.

У зв'язку з запровадженням комплексної технології треба приділити увагу конструюванню механізованих та автоматизованих установок з широким використанням індукційного і газополуменевого нагрівання, а також нагрівання в контрольованих атмосферах. На основі цього слід розширити конструювання: установок для сповільненого охолодження штампвок після знімання облою і для гартування одразу після штампування; автоматизованих установок для хіміко-технічної обробки при використанні індукційного та радіаційного нагрівання; комплексних автоматизованих установок з індукційним нагріванням для гартування деталей після механічної обробки; автоматизованих установок для нагрівання деталей в солях; спеціалізованих, повністю автоматизованих агрегатів, у яких поєднані процеси холодної і термічної обробки; вакуумних печей для нагрівання перед гартуванням і для хіміко-термічної обробки, газогенераторних установок з автоматичним керуванням; апаратів для регулювання дозування газу і вуглецевого потенціалу за точкою роси та ін.

Автоматизація та механізація робіт повинна поєднуватися з удосконаленням обладнання, покращенням технології, а також з дистанційним і програмним керуванням.

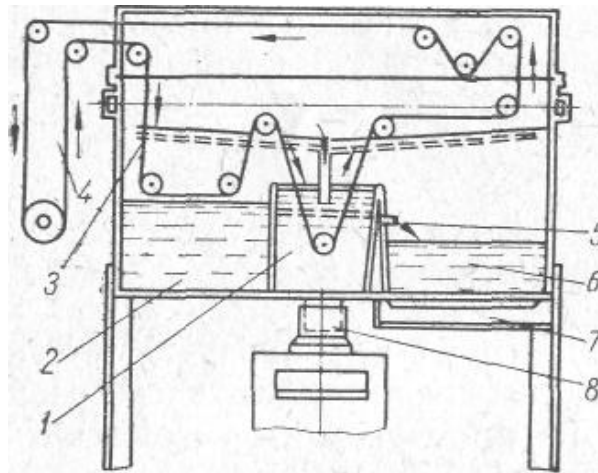


Рисунок 8.3.1 Схема конвеєрної ультразвукової установки для очищення деталей

1–ванна ультразвукового очищення; 2–відстійник розчинника; 3–зона парового очищення; 4–зона завантаження; 5–зливна труба; 6–кипляча ванна; 7–нагрівальна камера; 8–ультразвуковий генератор.

Одним з прогресивних методів покриття металів є застосування ультразвуку. Використовуючи ультразвук в гальваностегії, можна: інтенсифікувати процеси хімічного та електричного полірування; контролювати та регулювати рівні електролітів та інших розчинів; прискорювати розчинення твердих реагентів; інтенсифікувати процеси електроосадження металів і сплавів; інтенсифікувати процеси знежирювання поверхні та миття виробів; вимірювати товщину покриттів тощо.

Застосування ультразвуку полегшує умови праці.

Важливою є організація безперервних гальванічних процесів. Прикладом застосування ультразвуку в конвеєрній лінії може бути ультразвукова установка для очищення деталей у гальванічному цеху (рис. 8.3.1).

Для створення безпечних і високопродуктивних умов праці на заводах машинобудування все ширше використовують дистанційне та програмне

керування. Механізовані лінії з таким керуванням особливо доцільно застосовувати в цехах дослідного та малосерійного виробництва, де вдосконалюється технологія нових видів покриттів або випускається одночасно велика кількість виробів малих серій, що відрізняються одна від одної покриттями.

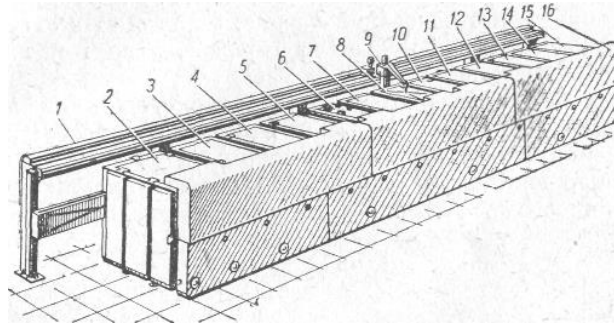


Рисунок 8.3.2 - Автомат для гальванічних покриттів з програмним керуванням:

1—спрямовуючий пристрій для оператора з програмним керуванням 2— ванна електrolітичного знежирювання; 3, 7, 11, 14 – ванни для гарячого промивання виробів; 4 — ванна для холодного промивання виробів; 6, 13 — ванни уловлювання і декапірування; 6, 8, 12 — ванни для хромування, міднення, нікелювання і цинкування виробів; 9—оператор з програмним керуванням для переміщення виробів; 15 — сушильна камера; 16 — бортові відсмоктувачі.

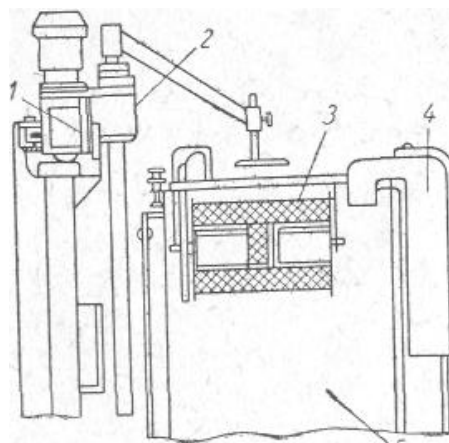


Рисунок 8.3.3 - Оператор з програмним керуванням:

1 – оператор; 2 – захоплюючий орган для транспортування; 3 – транспортований барабан (для дрібних деталей); 4 – бортове відсмоктування; 5 – ванна.

Влаштувавши механізовані лінії, треба на одній з них ставити ванни для одержання покриттів в ціаністих електролітах (цинкові, кадмієві, мідні, латунні та срібні), а на інших лініях слід ставити ванни з кислими електролітами та лужними розчинами для гальванічних покриттів або для анодної оксидації алюмінієвих сплавів, чи для фосфатування, вороніння і та ін.

Роз'єднання ціаністих і кислих електролітів дасть можливість позбутися потрапляння ціаністих розчинів у кислі і навпаки з утворенням небезпечної для людини синильної кислоти.

Прикладом застосування автоматів для гальванічних покриттів є показаний на рис. 8.3.2 автомат з оператором (рис. 8.3.3), який рухається горизонтально і має вантажопідйомність до 60 кг.

Автоматизація і механізація технологічних процесів полегшить працю робітників і позбавить необхідності зіткнення з шкідливими розчинами та їх виділеннями, набагато поліпшить умови праці і сприятиме ліквідації виробничого травматизму та професіональних захворювань.

Очистку повітря від пилу під дією сил тяжіння проводять в пилоосаджуючих камерах.

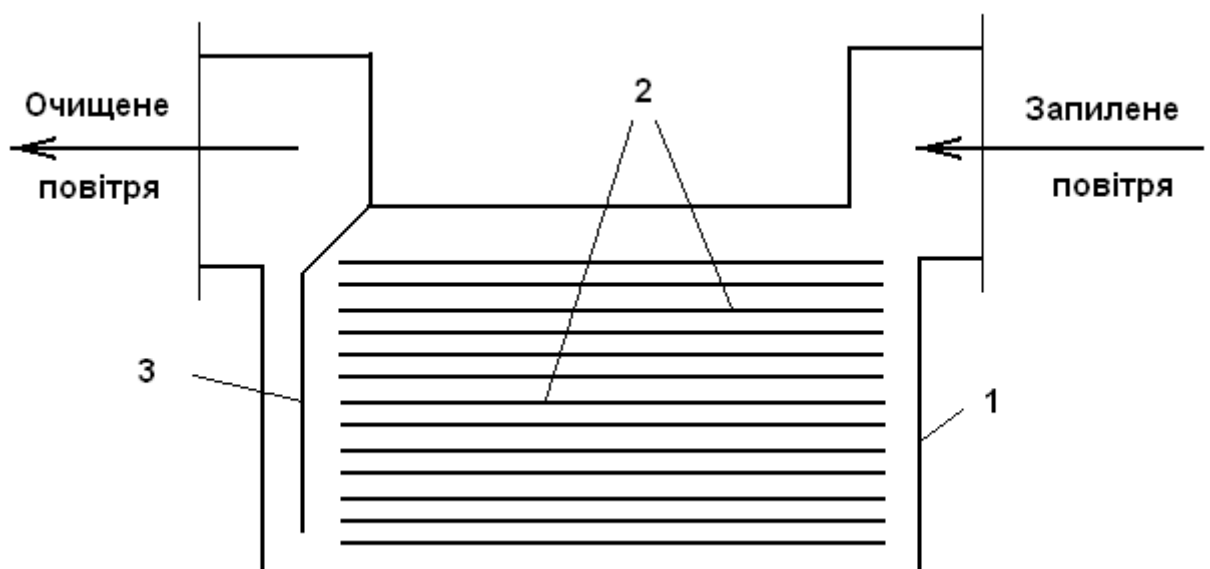


Рисунок 8.3.4 – Схема пилоосаджуючої камери

1 – камера; 2 – горизонтальні перегородки (полиці); 3 – відбійна вертикальна перегородка.

Забруднене повітря поступає в камеру 1, всередині якої встановлені горизонтальні перегородки 2. В результаті різкого розширення повітряного потоку відбувається різке зменшення його швидкості, частинки пилу втрачають кінетичну енергію і осаджуються із повітря при його русі між перегородками, віддаль між якими складає 0,1-0,4м. При такій невеликій висоті каналів між полицями зменшується шлях осадження пилу. Повітря, пройшовши полиці, огинає вертикальну відбійну перегородку (при цьому з нього осаджується додаткова кількість пилу) та виводиться з камери.

ВИСНОВОК

Оперативна система моніторингу механічних коливань може бути реалізована за допомогою переносних портативних аналізаторів. Вона дозволяє проведення аналізу спектрів вібрації і її часових реалізацій на місці експлуатації об'єкта контролю, проводити відразу оцінку технічного стану підшипників, агрегатів і визначати їхні дефекти. Аналізатор повинний мати можливість переглядати й аналізувати спектри вібрації за допомогою основних і бічних курсорів, порівнювати спектри вібрації між собою і виявляти їхньої відмінності. Несправності машин визначаються користувачем по діагностичних словниках.

Для рішення задач діагностики необхідний контроль фази коливань, тому аналізатор повинний мати датчик оборотів вала. Двоканальний аналізатор дозволяє для діагностики використовувати кореляційний аналіз коливань, взаємні спектри і функцію когерентності. Діагностика здійснюється по діагностичних словниках. Система не вимагає підготовки кваліфікованого персоналу і часу на визначення причин підвищеної вібрації.

Напівстаціонарна система моніторингу і діагностики реалізується на базі бортової ЕОМ з поділом функцій збору даних на місці й обробки їх у процесорному комплекті бортової системи.

Сучасний моніторинг стану машин заснований на зборі величезних об'ємів даних, з яких шляхом скрупульозного аналізу, можна зробити вивід про технічний стан машини.

З огляду на цей факт, використовуємо вимірювальні накопичувачі чи аналізатори-збирачі даних, причому останні в даний час переважають. Вимірювальний накопичувач має переваги перед збирачем даних, тому що він реєструє часову реалізацію, яку можна неодноразово обробляти з метою пошуку нових істотних діагностичних ознак.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ISO 17359:2003. Condition monitoring and diagnostics of machines. General guidelines.
2. ISO 13380:2002. Condition monitoring and diagnostics of machines. General guidelines on using performance parameters.
3. Гриб В.В., Соколова А.Г., Еранов А.П., Давыдов В.М., Жуков Р.В. Анализ современных методов диагностирования компрессорного оборудования нефтегазохимических производств // «Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт». 2002. №10. С.57-65.
4. ISO 13379:2003. Condition monitoring and diagnostics of machines. General guidelines on data interpretation and diagnostics techniques.
5. А.С. Гольдин. К вопросу о нормах и принципах нормирования вибрации вращающихся машин // Контроль. Диагностика. 2000. №4. - С.3-10.
6. ISO 10816. Mechanical vibration. Evolution of machine vibration by measurements on non- rotating parts. Part 1-5.
7. ISO 7919. Mechanical vibration of non-reciprocating machines. Measurements on rotating shafts and evolution criteria. Part 1-5.
8. ISO 10816-6:1995. Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts. Part 6: Reciprocating machines with power ratings above 100 kW.
9. ISO 13373-1:2002. Condition monitoring and diagnostics of machines. Vibration condition monitoring. Part 1: General procedures.
10. ISO/DIS 13373-2. Condition monitoring and diagnostics of machines. Vibration condition monitoring. Part 1: Processing, presentation and analysis of vibration data.
11. ISO/DIS 15242-1. Rolling bearings. Measuring methods for vibration. Part 1: Fundamentals.
12. ISO 13374-1:2003. Condition monitoring and diagnostics of machines. Data processing, communication and presentation. Part 1: General guidelines.
13. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин: - 2-е изд. исправл. -

М.:Машиностроение, 2000 - 344 с.: ил.

14. Акимов В.М. Основы надежности газотурбинных двигателей.-

М.:Машиностроение, 1981. - 207с.

15. Барков А.В. Диагностика и прогнозирование технического состояния подшипников качения по их виброакустическим характеристикам.

//Судостроение.- 1985.-№ 3.-с.21-23.

16. Белоусов А.И., Баргер И.А. Прочностная надежность деталей турбомашин.- Куйбышев: КУИИ, 1983.-75с.

17. Бейзельман Р.Д., Цыпкин Б.В. Подшипники качения. Справочник.-

М.:Машиностроение, 1975.-362с.

18. Бендат Д., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа.- М.: Мир, 1982.-362с.

19. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний:- М.: Высшая школа, 1980.408с.

20. Биргер И.А. Техническая диагностика.- М.: Машиностроение, 1978.- 239с.

21. Биргер И.А., Шорр Б.Ф. Динамика авиационных газотурбинных двигателей.-

М.: Машиностроение, 1981.-232с.

22. Болотин В.В. Прогнозирование ресурсов машин и конструкций.- М.: Машиностроение, 1984.-312с.

23. Браун, Датнер. Анализ вибраций роликовых и шариковых подшипников: Пер. с англ.- Конструирование и технология машиностроения.- М.: Мир, 1979.-т. 101, №1.-с.65-82.

24. Васильев Ю.Н., Христензен В.Л., Игуменцев Е.А. Причины поломок осевого компрессора газотурбинного ГПА//РИ ВНИИЭгазпром. Транспорт и хранение газа.- 1982.- №1.-с.21-26.

25. Вибрации в технике: Справочник.- т. 31/ Под ред. Ф.М.Дименейберга и

К.С.Колесникова.- М.: Машиностроение, 1980.-544с.

26. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов /Ф.Я.Балийкий,
М.А.Иванова, А.Г.Соколова, Е.И.Хомяков.- М.: Наука, 1984.-120с.
27. Вибрация и вибродиагностика судового энергетического оборудования
/А.А.Александров, А.В.Барков, Н.А.Баркова, В.А.Шаффинский. - Л.: Судостроение.- 1986.-276с.
28. Вибрация энергетических машин. Справочное пособие./Под ред.
Н.В.Григорьева.- Л.: Машиностроение, 1974.-464с.
29. Вильнер Л.Д. Виброскорость как критерий вибрационной напряженности упругих систем.- Проблемы прочности.- 1970.-№9.-с.42-45.
30. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов.- М.: Машиностроение, 1987.-288с.
31. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания.- М.: Высшая школа, 1977.-22с.
32. Дайерд, Стюарт Р. Обнаружение повреждений подшипников качения путем статистического анализа вибраций: Пер. с англ. Конструирование и технология машиностроения.- М.: Мир, 1978.-т. 100, №2.- с.23-31.
33. Дорошко С.М. Контроль и диагностирование технического состояния газотурбинных двигателей по вибрационным параметрам.- М.: Транспорт, 1984.-128с.
34. Зарицкий С.П. Диагностика газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом.-:Недра, 1979.-272с.
35. Зарицкий С.П., Чарный Ю.С., Шульман М.Х. Диагностирование надежностей узлов газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом //ОИ ВНИИЭгазпром. Транспорт и хранение газа.- 1984.- №6.-53с.
36. Кануников И.П. Методика диагностирования вращающегося срыва в компрессорах ГТД на основе спектрального анализа виброакустических

приборов //Вибрационная прочность и надежность двигателей и систем летательных аппаратов.- Куйбышев: КУАИ 1984.-с.155-158.

37. Карасев В.А., Максимов В.П., Сидоренко М.К. Вибрационная диагностика газотурбинных двигателей.- М.: Машиностроение, 1978.-132с.

38. Карасев В.А.,Ройтман А.Б. Доводка эксплуатируемых машин. Вибродиагностические методы.- М.: Машиностроение, 1986.-192с.

39. КельзонА.С., Циманский Ю.П., Яковлев В.И. Динамика роторов в упругих опорах.- М.: Наука, 1982.-280с.

40. Коллакот Р.А. Диагностирование механического оборудования: Пер. с англ.- Л.: Судостроение.- 1980.-296с.

41. Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение: Пер. с англ.- М.: Мир, 1984.-624с.

42. Комардинкин В.П.,Радчик И.И. , Ровинский В.Д., Смирнов В.А. Вибрационная надежность газоперекачивающих агрегатов с газо-турбинным приводом //ОИ ВНИИЭгазпром. Транспорт и хранение газа.- 1982.- №3.-47с.

43. Костин В.И., Радчик И.И., Смирнов В.А. Нормирование вибрации ГПА //Газовая промышленность.- 1985.-№11.-с.31-33.

44. Костин В.И. Сравнительная оценка интенсивности вибрации с переменной во времени амплитудой эквивалентным значениям виброскорости гармонических колебаний //Проблемы прочности.-1974.-№9.-с.103-109.

45. Крейн А.З., Ровинский В.Д., Смирнов В.А. Вибрационная диагностика газоперекачивающего агрегата ГПА-Ц-6,3 //ОИ ВНИИЭгазпром. Транспорт и хранение газа.- 1984.-65с.

46. Крейн А.З., Ровинский В.Д., Смирнов В.А. Применение среднестатистических спектров вибраций для оценки технического состояния ГПА-Ц-6,3 //ОИ ВНИИЭгазпром. Транспорт и хранение газа.- 1981.-№10.-с.1-10.

47. Крючков Ю.С. Влияние зазора на вибрацию и шум подшипников качения //Вестник машиностроения.-1959.-№8.-с.30-39.
48. Макс Ж. Методы и техника обработки сигналов при физических измерениях: Пер. с фран.- М. Мир, 1983.-т. 1.-312с.
49. Мэтью Д., Альфредсон Р. Применение вибрационного анализа для контроля технического состояния подшипников качения:Пер. с англ.- Конструирование и технология машиностроения.- М.: Мир, 1984.-т. 106, №3.- с.100-108.
50. Основы балансировочной техники/под ред. В.А.Щепетильникова.- М.:
Машиностроение, 1975.-т.1.-528с.
51. Павлов Б.В. Акустическая диагностика механизмов.- М.:
Машиностроение, 1971.-223с.
52. Приборы и системы для измерения вибрации шума и удара: справочник/ Под ред. В.Б.Клюева.- М.: Машиностроение, 1978.-т.1.-448с.: т.2.- 500с.
53. Прогрессивные методы и приборы, обеспечивающие снижение расходов по техническому обслуживанию машин: Препринт фирмы Карл Шенк, 1986.-
82с.
54. Рендол Р.Б. Новый метод моделирования зубчатых колес: Пер. с англ.-
Конструирование и технология машиностроения.- М.: Мир, 1982.-т. 104, №2.-с.1-11.
55. Рогачев В.М. Вибродиагностика подшипников скольжения//Изв. вузов.- М.: Машиностроение, 1980, №6.-с.23-26.
56. Рябыкин С.А., Кваснин В.В. Применение кепстрального анализа для вибродиагностики зубчатых передач//Приборостроение (Киев).-1985.вып.37.- с.93-95.
57. Самойлович Г.С. Возбуждение колебаний лопаток турбомашин.- М.:

Машиностроение, 1975.-288с.

58. Сидоренко М.К. Виброметрия газотурбинных двигателей.- М.: Машиностроение, 1973.-224с.

59. Сиохита К., Фудзисава Т., Саго К. Метод определения местоположения дисбалансов в роторных машинах: Пер. с англ.- Конструирование и технология машиностроения.- М.: Мир, 1982.-т. 104, №21.- с.26-31.

60. Сиротин Н.И. Коровкин Ю.М. Техническая диагностика авиационных газотурбинных двигателей.- М.: Машиностроение, 1979.-277с.

61. Смирнов В.А., Крейн А.З. Моделирование вибрационных процессов газоперекачивающих агрегатов

62. Смирнов В.А. Определение технического состояния агрегатов ГПА-Ц-6,3 по параметрам вибрации//РИ ВНИИЭгазпром. Транспорт и хранение газа.- 1982.- №12.-с.34-45.

63. Стандарт СЭВ 1368-78. Механические вибрации крупных роторных машин с рабочей частотой вращения от 10 до 200 с⁻¹. Оценка интенсивности вибрации в рабочих условиях.-М. Изд-во стандартов, 1978.-18с.

64. Тейлор Д.И. Идентификация дефектов подшипников с помощью спектрального анализа: Пер. с англ.- Конструирование и технология машиностроения.- М.: Мир, 1986.-т. 102, №2.-с.1-8.

65. Христензен В.Л. Вибрационное диагностирование ГПА по изменению спектра роторных гармоник.- Автореферат дисс. ...канд. техн.наук. 05.04.07.М.,1985.-21с.

66. Явленский К.Н., Явленский А.К. Вибродиагностика и прогнозирование качества механических систем.-Л.: Машиностроение, 1983.- 239с.

67. М., Мингазпром. НОРМЫ ВИБРАЦИИ.Оценка интенсивности вибрации газоперекачивающих агрегатов в условиях эксплуатации на КС

Мин.газ.пром.

68. РД 51-132-88 НПО "Союзгаз-технология"(ВНИИГАЗ). Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции. Нормы вибрации. Методика виброобследования. Виброзащита оборудования.

69. МИ 1873-88. Государственная система обеспечения единства измерений. Виброметры с пьезоэлектрическими и индукционными преобразователями.

Методика поверки.

Перелік стандартів по вібрації, контролю, діагностиці і балансуванню.

КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА

Найменування	Зміст
ДСТ 23434-79	Засобу діагностування системи запалювання карбюраторних двигунів
ДСТ 23435-79	Технічна діагностика. Двигуни внутрішнього згоряння поршневі. Номенклатура діагностичних параметрів.
ДСТ 24925-81	Технічна діагностика. Трактори. Пристосованість до діагностування
ДСТ 25044-81	Технічна діагностика. Діагностування автомобілів, тракторів, сільськогосподарських, будівельних і дорожніх машин. Основні положення.
ДСТ 25176-82	Засобу діагностування автомобілів, тракторів, будівельних і дорожніх машин
ДСТ 11928-83	Дизелі і газові двигуни. Автоматизовані системи аварійнопопереджувальної сигналізації і захисту
ДСТ 26790-85	Техніка течешукання

ДОДАТКИ