

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

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розроблення системи автоматизованого діагностування
насосних установок»

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи КАмд-61
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Кобринчук І. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(підпис) Трембач Р.Б.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис) Шовкун О.П.
(прізвище та ініціали)

Завідувач
кафедри _____
(підпис) Савків В.Б.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) Дідич І.С.
(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2024

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2024р.

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

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 174 “Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка”

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кобринчук Інна Анатоліївна

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи «Розроблення системи автоматизованого діагностування
насосних установок»

Керівник роботи к.т.н., доцент Трембач Р.Б.

(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» листопада 2024 року № 4/7-1078.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 12 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Методи діагностування насосних установок

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

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

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

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі створено програмний продукт та алгоритмічне забезпечення автоматизованої системи діагностування системи підтримання пластового тиску (ППТ), гостра необхідність створення якої зумовлена значним ступенем зносу існуючого парку обладнання.

В роботі на основі проведеного аналізу сучасного стану методів діагностування відцентрових насосних агрегатів для систем ППТ обґрунтовується необхідність використання основних положень віброакустичної діагностики машин, а при розробці методу діагностування насосних агрегатів розглядаються задачі віброакустичної діагностики.

Розглянувши можливості існуючих аналогів та відмітивши їх переваги та недоліки, було синтезовано структурну схему пакету програм та реалізовано їх в середовищі програмування Borland Delphi, враховуючи також при цьому особливості діагностування системи ППТ типу ЦНС-180-1900 та його діагностичні ознаки.

Тому, завдяки характеристикам, а також іншим можливостям даного програмного продукту, який є складовою частиною системи автоматизованого діагностування, можна припустити, що дана система є цілком конкурентно спроможною на ринку систем такого типу.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Відцентрові насосні агрегати системи ППТ як об'єкт технічної діагностики	9
1.2 Перелік найбільш типових відмов відцентрових насосних агрегатів	21
2 НАУКОВО – ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	26
2.1 Основні діагностичні ознаки та особливості діагностування ЦНС-180-1900	26
2.2 Засоби вібродіагностики	29
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	32
3.1 Розробка алгоритму діагностування	32
3.2 Кореляційний аналіз технологічних точок для вимірювання вібрації насосного агрегата типу ЦНС-180-1900 з метою відбору найбільш інформативних точок	36
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	45
4.1 Вибір середовища програмування та аналіз його можливостей	45
4.2 Розробка загального алгоритму програмного забезпечення, розрахунків та їх реалізація в середовищі Delphi	59
4.3 Загальний опис програми	62
4.4 Модуль виконання запису вібраційних шумів. Функція Begin_rec	70
4.5 Модуль управління апаратною частиною. Функція Port_out	71
4.6 Модуль побудови схем прив'язки. Функції exec_change та exec_change_dir	72

4.7 Блок роботи з базою даних (огляд, поповнення). Функція file_search	73
4.8 Модуль побудови частотних спектрів. Функція Fourier_normal	74
4.9 Блок графічного відображення результатів запису	75
4.10 Блок автоматичної побудови частотних спектрів	75
4.11 Модуль навігації по базі даних	76
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	82
5.1 Розрахунок надійності програмного забезпечення	82
6 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ	86
6.1 Охорона праці	86
6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	92
ВИСНОВКИ	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	103
ДОДАТОК А. Результати дослідження	105

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

HFD (High Frequency Detection) - метод виявлення високочастотного сигналу

SE (Spike Energy) - метод виміру енергії імпульсу

SEE (Spectral Energy Emitted) - аналіз випромінюваної спектральної енергії

SPM (Shock Pulse Measurement) - метод виміру ударних імпульсів

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ВНА – відцентровий насосний агрегат

ВНС – відцентрова насосна станція

КАСД – комплексна автоматична система діагностування

КНС – кушова насосна станція

ППР – планово-попереджувальний ремонт

ППТ – підтримання пластового тиску

СД – система діагностування

СТОП – система технічного обслуговування та ремонту

ВСТУП

Сьогодні фахівці, що займаються обслуговуванням обладнання, одноставно визнають, що метод профілактичних ремонтів, який передбачає розбирання та заміну окремих компонентів устаткування після закінчення їх запланованого ресурсу, є недостатньо ефективним. Це не лише призводить до економічних втрат, пов'язаних із недо використанням фактичних ресурсів окремих елементів і агрегатів у цілому, але й негативно впливає на їхню надійність, викликаючи збільшення випадків післяремонтних відмов [21, 22, 23].

Більш ефективним підходом є використання методу ремонту агрегатів відповідно до їх фактичного технічного стану, результати якого визначаються за допомогою методів технічної діагностики. Впровадження технічної діагностики в промисловість дозволяє проводити ремонти, орієнтуючись на реальний стан агрегатів, а також прогнозувати їх граничні технічні умови. Це, в свою чергу, призводить до значного зменшення експлуатаційних витрат. Додатково, використання технічної діагностики дає змогу майже повністю усунути випадки несподіваних відмов та аварій устаткування.

Стаціонарні системи технічної діагностики є найбільш витратними. Однак їх необхідно використовувати на критично важливих об'єктах, таких як турбоагрегати та газові компресори. Висока питома вартість цих систем обумовлена невеликою кількістю об'єктів, які вони контролюють. Системи здатні здійснювати моніторинг не лише вібраційних характеристик, а й параметрів технологічного контролю. Порівняння діагностичних характеристик з еталонними значеннями, що відображають нормальний стан агрегата, дозволяє виявити початкові стадії розвитку дефектів.

Дослідження вібраційних характеристик у перехідних процесах під час запуску та зупинки обладнання дає можливість вибрати більш безпечні режими роботи, зменшуючи ймовірність виникнення дефектів. Для цієї мети також

може бути корисним спільний аналіз технологічних і вібраційних характеристик, а також розробка управлінських програм, що оптимізують режим роботи агрегатів. Проте, незважаючи на позитивні ефекти таких систем, часто виникає проблема надмірності інформації, яка залишається невикористаною.

Нафтова промисловість відрізняється великою різноманітністю механічного устаткування, що використовується і експлуатація якого організована із застосуванням системи планово-попереджувальних ремонтів. Розробка і впровадження систем технічної діагностики в галузі ускладнюється відміченою різноманітністю устаткування. Необхідно відзначити ще й те, що, незважаючи на велике число робіт з технічної діагностики різного промислового устаткування, питанням технічної діагностики насосів присвячене обмежене число публікацій [24, 25, 26, 27].

В останні 3-5 років широке поширення одержують переносні діагностичні комплекси, що дозволяють не тільки контролювати інтегральні вібраційні параметри, але і виявляти дефекти окремих вузлів у процесі роботи. Такі комплекси є найбільш оптимальним варіантом для мобільних систем по технічних та економічних показниках. Розробці програмного забезпечення такого роду системи присвячена дана кваліфікаційна робота.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Відцентрові насосні агрегати системи ППТ як об'єкт технічної діагностики

Підтримання пластового тиску шляхом закачування води в продуктивні пласти є одним із основних шляхів розробки нафтових родовищ і збільшення видобутку нафти [28, 29]. Дебіт свердловинної рідини в основному визначається тиском у пласті, який падає під час видобутку пластової рідини або газу. Відповідно, необхідно підтримувати тиск пласта, щоб інтенсифікувати потік рідини і газу. Тому з'явилися методи підтримки пластового тиску, які широко застосовуються в галузі видобутку нафти і природного газу.

Спосіб утримання тиску пласта шляхом нагнітання води в контур або контур і заснований на ньому метод комплексної розробки покладає дозволити інтенсифікувати видобуток нафти і значно підвищити нафтовидобуток пласта.

Шляхом інтенсифікації припливу пластової рідини та відповідного впливу на пласт і пластову рідину можна збільшити викид нафти, тим самим покращуючи фільтраційні властивості пласта, з одного боку, і зменшуючи в'язкість рідини в пласті. резервуар з іншого боку.

Для реалізації цього використовується велика кількість обладнання, будівель, машин і механізмів [30, 31, 32]. Ключовими для цих типів сучасних технологій є: пристрої для підтримки пластового тиску або витіснення пластової рідини шляхом нагнітання води та іноді газу в пласт; пристрій для нагрівання пласта шляхом введення теплоносія з водою або парою або шляхом створення фронту горіння в пласті; обладнання для ГРП і кислотної обробки пластів; призначені для очищення води, що закачується у водойми, хімічними реагентами. Пластовий тиск підтримується шляхом закачування різних рідин або газів через систему нагнітальних свердловин. Для цього використовується комплекс обладнання, що складається з систем водозабору, водопідготовки та

розподілу, насосних станцій і комунікацій. Перераховане обладнання повинно мати достатні гнучкі характеристики та параметри, щоб дозволити нагнітання рідини в пласт при змінній у часі подачі та тиску в передній частині витісняючої рідини, що рухається в продуктивному пласті. Очищена та оброблена вода направляється з водойми на стаціонарні та блочні насосні станції.

Втулкові насосні станції (КНС) підключаються до живильного трубопроводу 3 (рис. 1.1), який може бути кільцевим наносом, або його частиною, або лінійним об'ємом. Рідина під тиском з КНС направляється в нагнітальну свердловину 1, особливо в міру освоєння видобувної свердловини 2 їх перекачують в нагнітальну свердловину. При цьому відповідно змінюється і схема нагнітального трубопроводу.

Блок втулкової станції (рисунок 1.2) складається з кількох блоків: насосного, керування, електрообладнання, розподільного та побутового. Магістральні трубопроводи подають воду в резервуари або обходять їх і приймають насоси. Кількість одночасно працюючих насосних агрегатів визначається загальною витратою рідини.

Одна або дві одиниці зазвичай є запасними. По напірному трубопроводу рідина направляється в розподільну гребінку, звідки через регулятор витрати подається в нагнітальний колодязь.

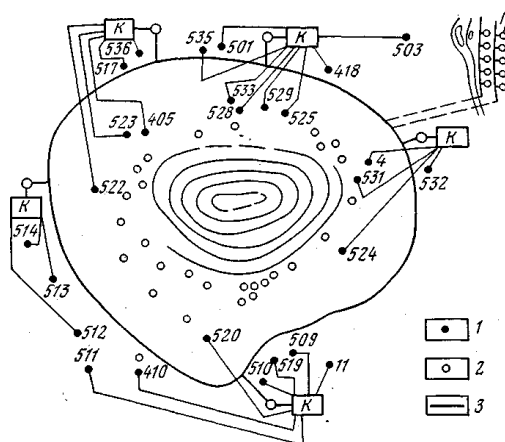


Рисунок 1.1 – Типова схема водопостачання системи підтримки
пластового тиску

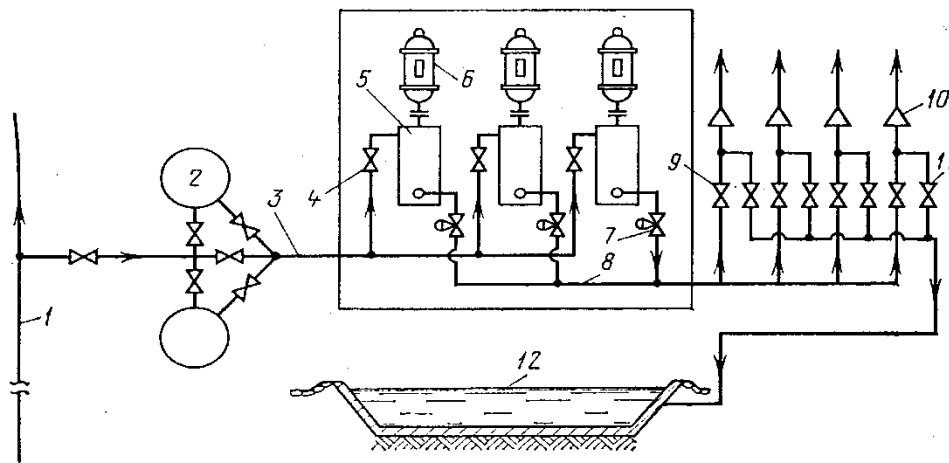


Рисунок 1.2 – Схема блочного КНС:

1 - магістральний газопровід; 2 - буферна ємність; 3 - приймальний колектор; 4, 9, 11 - замок; 5 - відцентровий насос; 6 - електродвигун; 7 - замок з дистанційним керуванням; 8 - колектор високого тиску; 10 – збірний колектор стічних вод; 12 - місткість

Найбільш відповідальними елементами КНС є насосні агрегати.

Їх вимоги такі:

ККД робочого режиму не менше 70-75%;

рівномірна подача;

При роботі на максимальних параметрах моторний запас не менше 7-10 тис. годин,

тривалість безперервної роботи - 600-1000 годин;

мінімальний розмір;

стійкість матеріалу деталей гідросекції до рідини, що перекачується.

Насоси, які використовуються для перекачування рідини в нафтові пласти, як правило, спеціалізовані, і їх основні параметри: витрата від 2 до 1000 м³ / год, тиск від 3 до 50 МПа.

Для закачування води в пласт використовуються насоси двох типів - відцентрові і поршневі.

Відцентрові машини створюють тиск і транспортують краплинні рідини та рідкі суспензії, що є в основному роботою відцентрової сили, що створюється обертанням лопатей робочого колеса. Їх поширення обумовлено досить високим ККД і щільністю, а також придатністю для поєднання з електродвигунами (при необхідності).

Загальна схема відцентрового насоса наведена на рис. 1.3.

До спірального корпусу 2 кріпиться робоче колесо насоса, що транспортує лопатку 1. При обертанні колеса рідина за допомогою відцентрової сили рухається від центру до периферії, виливається в спіральну камеру і надходить в напірну трубу. Рідина втягується через приймальний порт [1, 2].

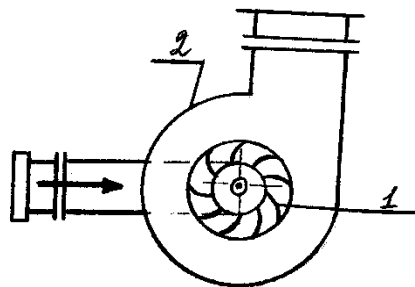


Рисунок 1.3 – Загальна схема відцентрового насосу

Якщо класифікувати машини за характером середовища, що транспортується (гази, чиста вода та розчини, ґрунт, зола, рідини, змішані з водою, рідини з високою в'язкістю), то можна побачити, що відцентрові насоси підходять для роботи з будь-якими тип обладнання. зазначених речовин.

Основними параметрами кожного насоса є його подача і тиск. За значенням цих параметрів насоси прийнято ділити на групи. Кожен тип насоса підходить для певного діапазону подачі і тиску.

Використовуючи готові розрахункові значення витрати і тиску насоса і відображаючи їх в системі координат Q-H, можна отримати графік області

застосування для різних типів насосів. Такий графік водяного насоса також зображено на рис на логарифмічній координатній сітці. 1,4 [3, 4, 5, 6].

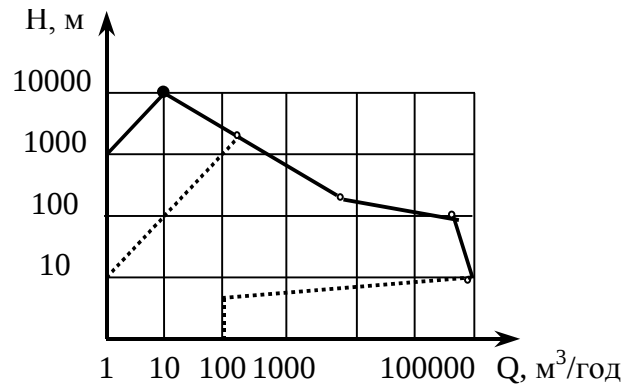


Рисунок 1.4 – Графік подач та напорів водяних насосів

Відцентрові насоси можна класифікувати за кількома критеріями:

За типом робочих коліс:

- Закриті (односторонній вхід)
- Напіввідкриті
- Відкриті (з прямими лопатями)
- Одностороннього входу
- Двостороннього входу

За типом протічної частини:

- З направляючим апаратом
- Без направляючого апарату

За кількістю ступенів:

- Одноступінчаті
- Багатоступінчаті

За дією осьових зусиль:

- Не розвантажені
- Розвантажені

За швидкохідністю:

- Тихохідні
- Нормальні

- Швидкохідні
- Діагональні
- Осьові (пропелерні)

Відцентровий насос складається з кількох ключових елементів, як показано на рисунку 1.5. Корпус насоса: містить всмоктуючий (вхідний) і нагнітаючий (вихідний) патрубки.

Робоче колесо: розміщене всередині корпусу і жорстко посаджене на вал, яке безпосередньо діє на рідину, викликаючи її рух.

Направляючий апарат: може бути встановлений навколо робочого колеса для поліпшення ефективності перекачування шляхом зменшення втрат енергії.

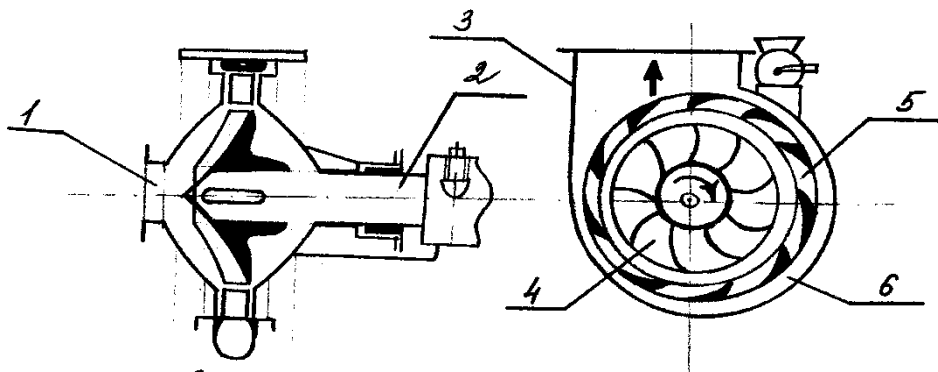


Рисунок 1.5 – Відцентровий насос

Корпус насоса з форсункою використовується для подачі рідини в робоче колесо, а робоче колесо діє на нього для видалення рідини в напірний патрубок. Обертаючись, робоче колесо діє безпосередньо на рідину і створює поля відцентрової сили всередині насоса за рахунок енергії двигуна.

Типове робоче колесо відцентрового насоса (рис. 1.6) являє собою два диски: один плоский із втулкою 1, а інший — широку кільцеподібну 2-подібну лопатку вентилятора 3 між вказаними дисками, яка утворює розширювальний канал. У центрі колеса розташована втулка 4, за допомогою якої воно насаджується на вал. Всі перераховані елементи гвинта виготовляються єдиним литтям або зварюванням.

Два нерухомих круглих диска, між якими встановлені лопаті, спрямовані проти напрямку лопатей робочого колеса (див. рис. 1.5).

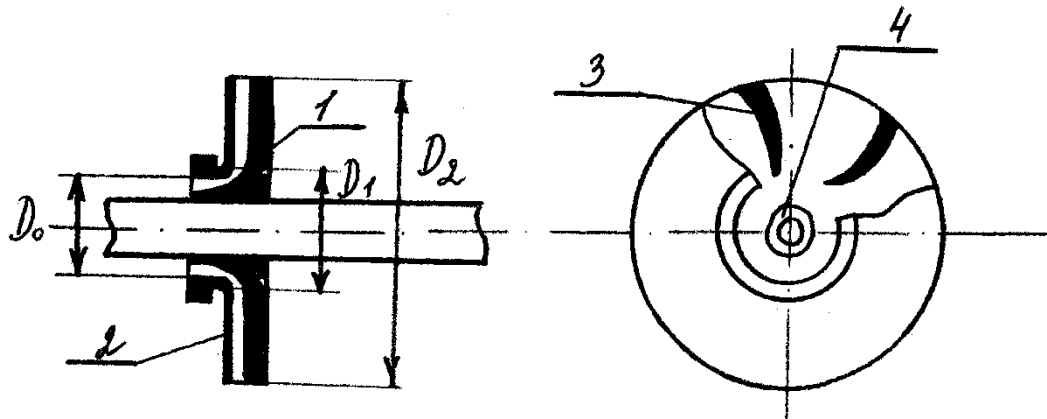


Рисунок 1.6 – Конструкція робочого колеса відцентрового насоса

Відцентровий насос працює за рахунок механічної дії, що створюється робочим колесом. Основні етапи його роботи можна описати так:

Заповнення корпусу: Перед запуском насос повинен бути заповнений рідиною. Це забезпечує безперебійний процес всмоктування та перекачування рідини.

Обертання робочого колеса: При запуску відцентрового насосу, робоче колесо починає швидко обертатися. Лопаті колеса здійснюють силову дію на частинки рідини, внаслідок чого рідина під впливом відцентрової сили рухається від центра колеса до його периферії.

Зниження тиску: Коли рідина рухається, в центральній частині робочого колеса тиск знижується. Це дозволяє атмосферному тиску підсунути рідину в всмоктуючий патрубок, який знову підводить її до центральної частини робочого колеса.

Перетворення енергії: Рідина, що виходить з робочого колеса, потрапляє в міжлопатний простір нерухомого направляючого апарату, де її кінетична енергія частково перетворюється на потенційну енергію. У разі відсутності

направляючого апарату, це перетворення відбувається в спіральному корпусі, проте в менш оптимальних умовах.

Напрямок потоку: Спіральна форма корпуса та ексцентричне розташування робочого колеса забезпечують накопичення рідини з усіх напрямків обертання до нагнітаючого патрубку. Відтак, рідина безперервно переміщується до нагнітаючого трубопроводу.

Дифузор: Багато нагнітаючих патрубків мають форму дифузора, що продовжує процес перетворення кінетичної енергії в потенційну при русі рідини, що виходить з насоса.

Переваги та недоліки відцентрових насосів - відцентрові насоси мають численні переваги та недоліки, які варто враховувати при їх виборі і використанні.

Переваги:

- Простота конструкції: Відносно проста та компактна конструкція, що забезпечує невелику вагу і габарити при великій продуктивності.
- Легке з'єднання з енергетичними установками: Простота з'єднання з електродвигунами і паровими турбінами підвищує компактність та ККД агрегату.
- Зручний монтаж і демонтаж: Це полегшує сервісне обслуговування.
- Широкий діапазон регулювання: Насоси можуть з легкістю регулювати подачу води, що знижує ризик гідравлічних ударів у трубопроводах.
- Економічність: Відносно невисока собівартість установки та простота в експлуатації.
- Надійність: Висока надійність і довговічність у роботі.
- Гнучкість у застосуванні: Можливість перекачування забруднених рідин завдяки відсутності клапанів.

Недоліки:

- Необхідність попереднього заповнення: Насоси повинні бути заповнені рідиною перед запуском.
- Обмежена ефективність на малих продуктивностях:
- Низький ККД малих насосів.
- Складнощі з виготовленням вузьких проточних клапанів.
- Потреба в збільшенні кількості ступенів за умов низької продуктивності.

Таким чином, відцентрові насоси є потужними і ефективними інструментами для перекачування рідин, але їх використання потребує врахування специфіки застосування та умов експлуатації.

По рисунку 1.7 видно розріз насоса ВНС 180-1900 представлена наступними деталями: 1— напівроз'єм шестерні; 2- підшипник ковзання; 3 - впускна кришка; 4 - робоче колесо; 5 - пристрій наведення; 6— секція; 7— кожух; 8— переднє кільцеве ущільнення; 9— міжступінчасте ущільнення; 10— вал; 11— напірна кришка; 12— стяжна шпилька; 13— розвантажувальний (ючний) диск; 14— заднє кільцеве ущільнення; 15— шарикопідшипник; 16— фундаментна плита. Матеріал основних деталей: входної кришки — чавун СЧ 21-40; напірної кришки — сталь 25Л; робочого колеса та направляючого апарату — сталь 20х13Л; секції та розвантажувального диску — сталь 2х13; валу — сталь 40хФА; фундаментної плити — чавун СЧ15-32.

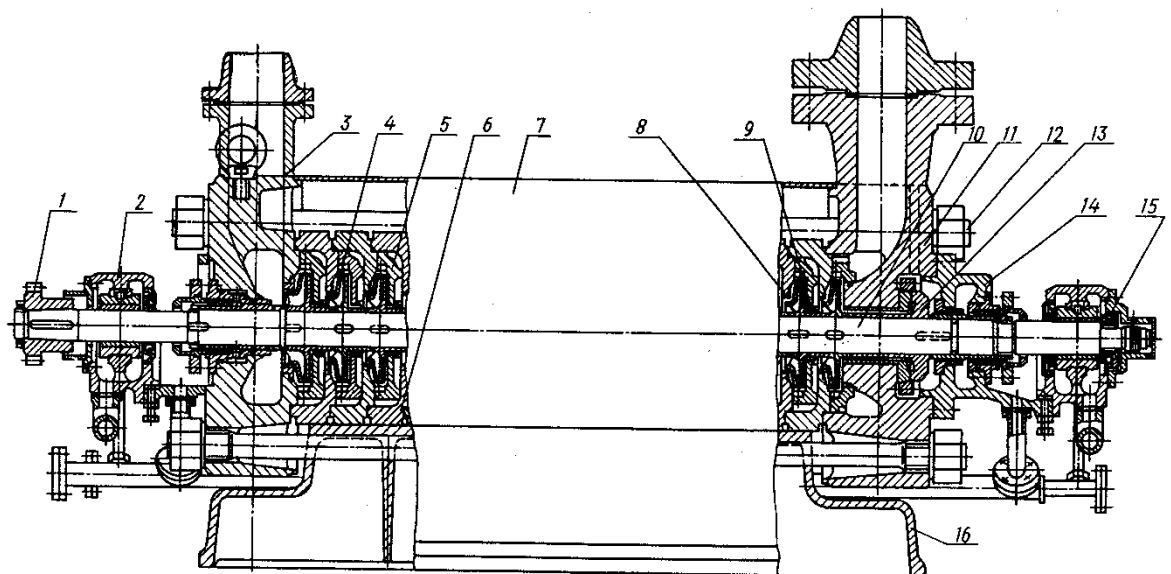


Рисунок 1.7 – Розріз насоса ВНС 180-1900

Характеристика насоса ВНС 180-1900 представлена на рис. 1.8, де Q — подача, $\text{м}^3/\text{год}$; H — напір, м; N — потужність насоса, кВт; η — ККД насоса, %; γ — питома вага (густина) перекачуваної рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$; t — температура перекачуваної рідини, $^{\circ}\text{C}$.

Основні технічні дані:

Подача, $\text{м}^3/\text{год}$	180
Напір, м	1900
Допустимий кавітаційний запас, м	6
ККД насосу, %	72
Потужність насосу, кВт	1490
Кількість ступенів	16
Електродвигун:	
Тип	СТД 1600-2
Потужність насосу, кВт	1600
Напруга, В	6000
Швидкість обертання (синхр.), об./хв..	3000
Вага, кг	11880
Вага, кг:	
Насосу	6300
Агрегату	21000 [7].

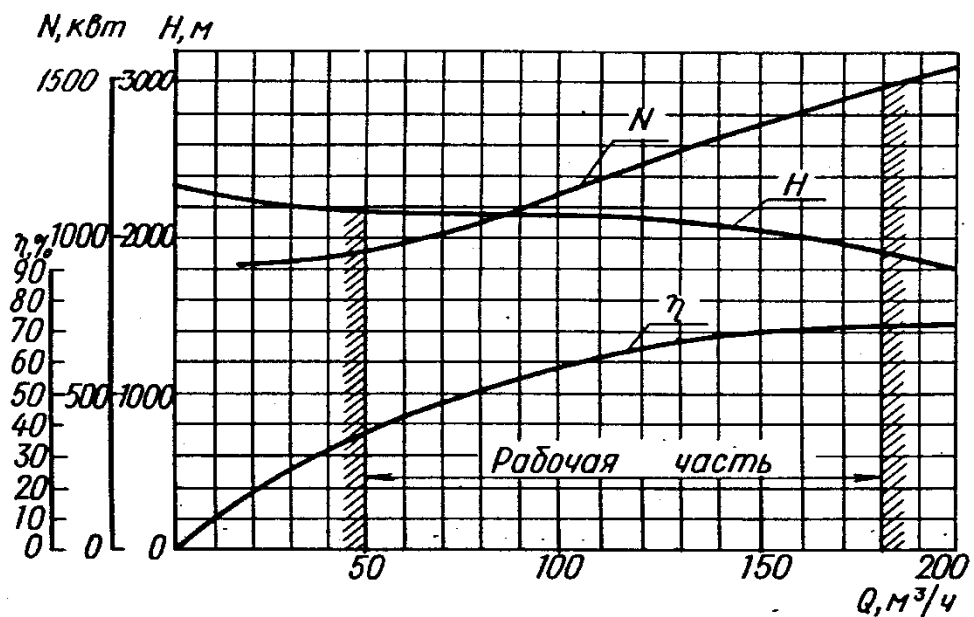


Рисунок 1.8 - Характеристика насоса ВНС 180-1900; $\gamma = 1150 \text{ кг/м}^3$; $t = 20^\circ \text{C}$

Часто при експлуатації бажано передбачити параметри надійності насоса, що запускається, за його характеристиками зношування. Такими характеристиками можна вважати вібрацію опорних вузлів насосів, зношування ущільнень, кавітаційний та корозійний зноси, зміну ККД та ін. Інтегральним показником якості виконання, монтажу, зміни параметрів під час експлуатації є вібрація [33, 34, 35]. Для оцінки середнього часу між ремонтами застосовується наступна методика його визначення за вібраційним станом агрегатів.

Узагальнення досвіду експлуатації насосів показало, що з часом вібрація насоса збільшується. Це пов'язано з поступовим зношуванням направляючих підшипників агрегату, ослабленням кріплення окремих вузлів, а також з руйнуваннями деталей робочого колеса насоса природною водою з домішками. Все це порушує в якійсь мірі балансування ротора агрегату. В результаті після деякого часу вібрація насоса досягає допустимої (гранично) величини, і потрібна зупинка насоса на ремонт. Якщо систематично застосовувати також частотний аналіз вібрації, то можна встановити зв'язок між зміною амплітуди та частотою окремих гармонік, руйнуванням окремих вузлів ротора насоса та

агрегата в цілому. Це дає можливість передбачити періодичні відмови вузлів насосів.

Приймають, що амплітуда вібрації (віброзміщення) опорних вузлів насосного агрегату змінюється за законом:

$$2A_{\text{пр}} = 2A_0 e^{CT_{\text{ср}}},$$

де $2A_{\text{пр}}$ – гранично допустима подвійна амплітуда вібрації після напрацювання $T_{\text{ср}}$;

$2A_0$ – заміряна подвійна амплітуда вібрації при введенні агрегата в експлуатацію чи після ремонту;

$T_{\text{ср}}$ – середній час напрацювання агрегату до гранично допустимої амплітуди вібрації;

C – параметр, що характеризує швидкість збільшення амплітуди вібрації, визначається по спостереженнях за роботою агрегату.

$$C = \ln(2A_2/2A_1)/(t_2 - t_1),$$

де A_2 та A_1 – амплітуди вібрацій при часі t_2 та t_1 відповідно [8, 9, 10].

В досвіді експлуатації відцентрового насосного обладнання ЦНС 180-1900 систем підтримки пластового тиску трапляються численні поломки та аварії.

Оскільки існуюча система планово-попереджувального ремонту не запобігає виходу з ладу деталей насосів у міжремонтний період, в останні роки прийнято рішення про перехід на систему ремонту насосного обладнання, виходячи з технічних реалій. використовувати технічні методи діагностики. Найбільш перспективними є методи вібродіагностики.

У зв'язку з відсутністю серійних технічних засобів для реалізації методів вібродіагностики насосних агрегатів в магістерській роботі планується:

- вибрати і обґрунтувати структуру системи діагностування ЦНС 180-1900;
- обґрунтувати вибір вібродавачів і їх базових показників;

- обґрунтувати стратегію розміщення вібродавачів на корпусі насосного агрегату.

1.2 Перелік найбільш типових відмов відцентрових насосних агрегатів

Працездатність насосного агрегату системи ППТ визначається в основному надійністю насоса, тому що інші вузли агрегату (електродвигун, з'єднувальна муфта, фундамент, а також елементи комунікацій - трубопроводи і арматура) експлуатуються в менш жорстких умовах [36, 37]. Хоча необхідно відзначити, що в таких різнотипних вузлах ВНА, як електродвигун і насос, є вузли, що працюють в однакових умовах отже, з однаковою швидкістю зношування. Це, наприклад, опори роторів (підшипники ковзання).

Оцінка надійності насосів ППТ із визначенням кількісних характеристик надійності – процес трудомісткий, який потребує збір великого числа статистичних даних. Цей процес ускладнюється відзначеною вище різноманітністю умов експлуатації насосів. Тому в огляді дається лише загальна оцінка надійності окремих вузлів ВНА.

Відмови устаткування можна класифікувати по різних ознаках. З точки зору технічної діагностики причини відмов ВНА доцільно розділити на дві групи.

1. Причини, що усуваються в умовах КНС:

- порушення в роботі кінцевих ущільнень (знос сальників);
- розцентрування агрегату;
- послаблення кріплення агрегату на фундаменті;
- знос захисних втулок вала насоса;
- знос гідроп'яти;
- несправності опорних підшипників (в тому числі природний знос);
- несправності сполучної муфти;
- розбалансування ротора електродвигуна.

2. Причини, усунення яких вимагає повного демонтажу агрегату (або тільки насоса, або електродвигуна) на КНС і відправлення його в ремонт в умовах спеціалізованого ремонтного підприємства (цеху):

- знос (корозійний, абразивний, кавітаційний) деталей проточної частини насоса (робочих коліс, міжступінчатих ущільнень, направляючих апаратів), в результаті якого характеристики насоса знижуються настільки (напір, подача, ККД), що його подальша експлуатація стає нерентабельною;
- характерні несправності електродвигуна, що вимагають ремонту в цехових умовах (обрив стержнів асинхронного двигуна, обрив обмоток, міжвиткове замикання і т.п.);
- недопустимий знос або порушення геометричної форми опорних шийок валів насоса або електродвигуна;
- аварійний вихід з ладу якого-небудь вузла або деталі, що вимагає великого ремонту (поломка вала, задир шийок валів, поломка робочого колеса і т.п.).

Оцінка поточного технічного стану за допомогою засобів технічної діагностики дозволяє з тим або іншим ступенем вірогідності без розбирання агрегату або його вузлів установити або передбачити настання граничного стану, установити зазначені вище причини втрати працездатності і вжити своєчасних заходів по запобіганню аварійного виходу з ладу агрегату.

Типові графіки зміни параметрів агрегатів представлено на рисунках 1.9 – 1.17.

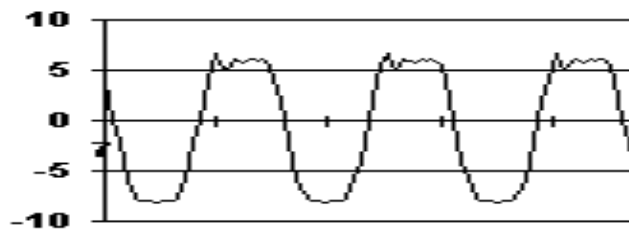


Рисунок 1.9-Часовий сигнал вібрації ротора з зачіпанням

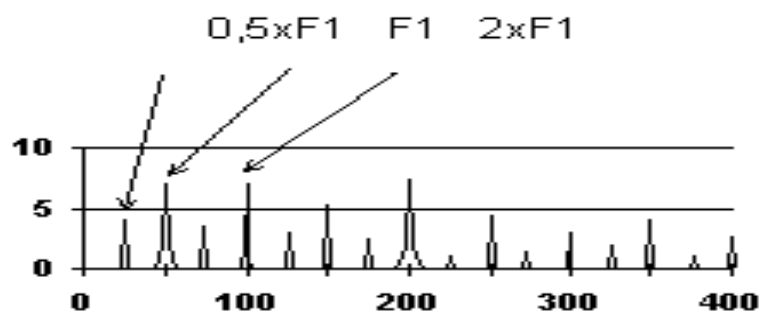


Рисунок 1.10- Спектр вібрації агрегата з зачіпанням ротора об ущільнення

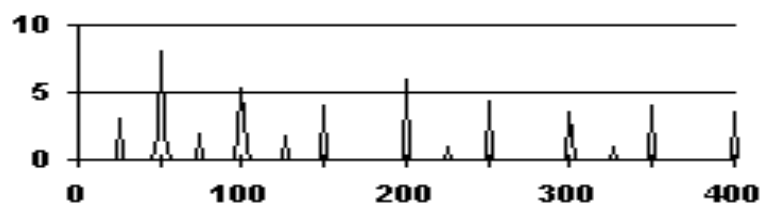


Рисунок 1.11 – Спектр вібрації агрегата з збільшеним зазором в підшипнику ковзання.

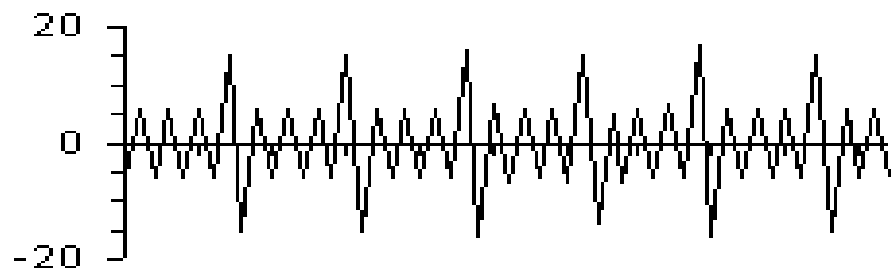


Рисунок 1.12 - Часовий сигнал вібрації підшипника з дефектом



Рисунок 1.13 - Етапи розвитку дефектів підшипника

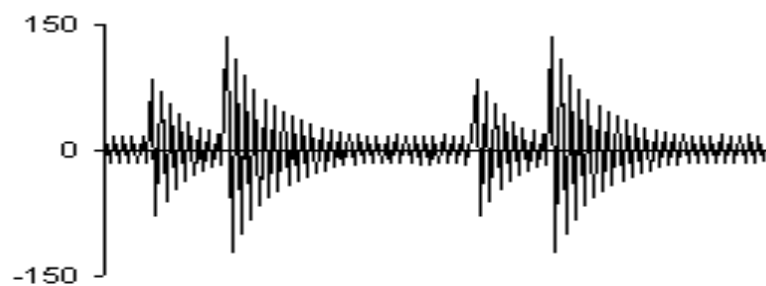


Рисунок 1.14 - Часовий вібросигнал типу “золота рибка” при розвинутих дефектах підшипника.

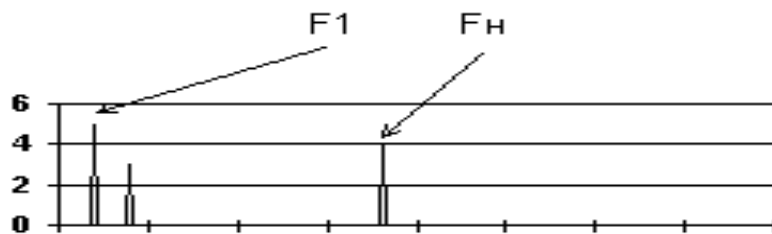


Рисунок 1.15 - Спектр вібрації на початковій стадії діагностики
дефекта підшипника кочення

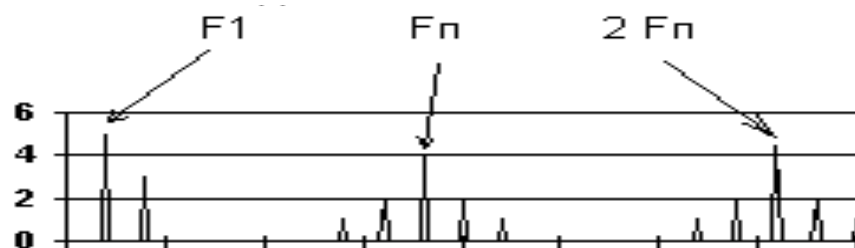


Рисунок 1.16 - Спектр вібрації на другій стадії діагностики
дефекта підшипника кочення

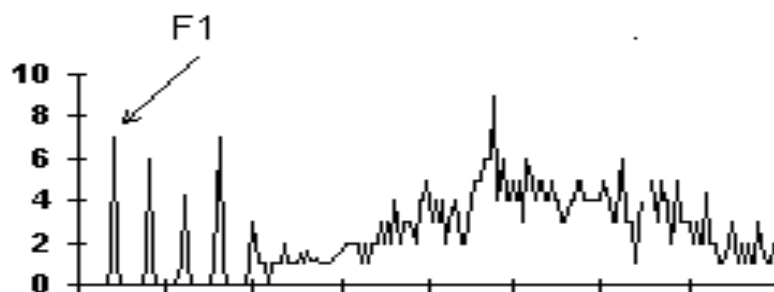


Рисунок 1.17 - Спектр вібрації на третій стадії діагностики
дефекта підшипника кочення

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Основні діагностичні ознаки та особливості діагностування ЦНС-180-1900

Вібраційний процес (окремий випадок вібраційного процесу механічної системи) характеризується наступними параметрами.

- амплітуда вібропереміщення (A або S);
- віброшвидкість (v);
- віброприскорення (a);
- частота вібрації (f або ω);
- фаза вібрації (φ).

Вибір конкретних параметрів вібрації для діагностики пов'язаний з необхідною глибиною діагностичного обстеження, методом вимірювання, частотою обертання робочого вузла машини та частотним діапазоном їх випромінювання [38, 39, 40, 41]. При цьому обрані параметри повинні бути найбільш інформативними, тобто найбільш інформативними і чутливими до технічного стану об'єкта (максимальна зміна при зміні технічного стану вузла машини).

У практиці експлуатації машин з обертовими масами накопичено великий статистичний матеріал, який показує, що ймовірність відмови в роботі механізму залежить від амплітуди вібрації та частоти. Тому критерії небезпеки вібрації машини повинні враховувати амплітуду та частоту вібраційного руху.

Вібропараметр - це віброшвидкість, яка одночасно несе загальну інформацію про одне і про інше. Вібраційні характеристики ЦХА згідно РТМ 26-06-22-75/17/:

- загальний рівень вібраційної швидкості;
- рівень вібраційної швидкості в октавних смугах частот.

На першому етапі вібродіагностики при оцінці технічного стану за діагностичний параметр зазвичай приймається середнє значення віброшвидкості. На другому рівні діагностики цього параметра недостатньо, щоб виявити причину підвищеної вібрації і виявити зламаний вузол або елемент.

Необхідно провести гармонійний аналіз вібросигналу, який дозволяє визначити внесок різних джерел у загальну вібрацію машини, а також якісно оцінити фізичний процес генерації та розповсюдження вібрації. Найбільш інформативним параметром для виявлення дефектів є частота гармонійних складових вібросигналу [42, 43]. Це пов'язано з тим, що динамічні сили, які викликають вібрацію і виникають під впливом певних дефектів і пошкоджень, змінюють свій розмір і напрямок з частотою, яка в кілька разів перевищує частоту обертання пошкоджених елементів машини.

Порівнюючи частоту вібрації з частотою обертання, можна обмежити кілька дефектів, які викликають вібрацію на розглянутій частоті. Амплітуда вібрації (амплітуда переміщення, швидкість або прискорення) меншою мірою вказує на джерело пошкодження, але дозволяє визначити технічний стан вузла і якісно оцінити його пошкодження. Чим більше дефект, тим більше амплітуда коливань на характерній частоті.

З різних причин багато коливальних процесів в обертових машинах відбуваються з однаковою частотою, що ускладнює визначення точної причини вібрації (виявлення несправного вузла) під час діагностики.

При цьому більшість коливань має відносний зсув фази, тобто один коливальний процес має зсув фази відносно іншого. Тому фаза вібрації також є діагностичним параметром.

Отже, основними показниками вібродіагностики ЦНА є:

- середньоквадратичне або амплітудне значення віброшвидкості;
- частота вібраційного процесу;
- фаза вібрації.

2.1.1 Допустимий рівень вібрації ЦНА

Нормування вібрації є критично важливим аспектом для забезпечення надійної роботи насосних агрегатів (ЦНА). Вібрація механізму може свідчити про його структурний стан [44, 45, 46], а відсутність контрольованих показників вібрації дозволяє уникнути серйозних дефектів і несправностей. Важливо чітко розуміти, що допустимий рівень вібрації має кілька ключових характеристик:

1. Гранично допустиме вібраційне навантаження: У разі, коли рівень вібрації нижчий за встановлене граничне значення, це свідчить про те, що додаткові навантаження в структурних елементах не перевищують небезпечних значень, що виключає ризик появи несправностей.

2. Відсутність несправностей: Нормативи допустимого рівня вібрації також підтверджують, що в об'єкті не має тих вузлів і елементів, чия несправність може призвести до зміни вібраційних параметрів.

Класифікація рівнів вібрації

При нормуванні вібрації розрізняють два основних типи допустимих рівнів:

- Приємальноздавальні випробування: Ці рівні зазвичай регламентуються різними нормативними документами, такими як ДСТУ, галузеві норми та заводська документація.
- Експлуатаційні норми: Хоча ці норми зазвичай носить рекомендаційний характер, вони є надійними завдяки великій кількості статистичних даних. Проте, варто відзначити, що деякі з них можуть бути застарілими.

Наприклад, Правилами технічної експлуатації для електромашин з роторною частотою обертання 3000 хв⁻¹ встановлено експлуатаційну граничну норму вібрації у вигляді вібропереміщення 0,05 мм. Однак, сучасні

дослідження показують, що характеристиками, що сигналізують про енергію вібраційних процесів, є не лише вібропереміщення, а також віброшвидкість та віброприскорення в залежності від частотного діапазону.

Стандартизація рівнів вібрації

Нормування вібрації машин з обертовими масами ведеться понад 40 років. Основою сучасних норм служать рекомендації, розроблені Союзом німецьких інженерів (VDI 2056) і міжнародними стандартами, зокрема, стандартом ISO 3945. Останній зазначає норми допустимого рівня вібрації для машин потужністю понад 300 кВт у частотному діапазоні від 10 до 200 Гц.

Нормовані значення вібрацій

Середньоквадратичне значення віброшвидкості $v_{\text{еф}}$ є основною нормованою величиною, що вимірюється у контрольних точках у діапазоні частот від 10 до 1000 Гц. В таблиці 2.1 подано оцінку вібраційного стану насосних агрегатів у експлуатаційних умовах на підставі стандарту СТ СЕВ 1368-78.

Таблиця 2.1- Оцінка вібраційного стану ЦНА систем ППД в експлуатаційних умовах

Визначаюче значення v_e , мм/с	Оцінка стану машини	Розмах гармонійних коливань, мм (не по СТ СЕВ 1368-78)
До 1,8	Добре	До 0,016
Більше 1,8 до 4,5	Задовільно	До 0,040
Більше 4,5 до 11,2	Необхідно покращення	До 0,100
Більше 11,2	Недопустимо	Більше 0,100

Примітка. Значення вібрацій з оцінкою “задовільно” являються гранично допустимими при тривалій експлуатації великих роторних машин.

2.2 Засоби вібродіагностики

Вібродіагностика є важливим інструментом для оцінки стану насосних агрегатів (ЦНА). Вона включає в себе різноманітні засоби та методи, які можуть варіюватися в залежності від рівня деталізації та технічних вимог.

Класифікація рівнів діагностики

1. Діагностичне обстеження першого рівня:
 - Використання вібровимірювальної апаратури для оперативного контролю.
 - Допустимі середньоквадратичні віброшвидкості до 20 мм/с в діапазоні частот 10...2000 Гц.
 - Похибка вимірювання не повинна перевищувати 10%.
2. Діагностичне обстеження другого рівня:
 - Забезпечення спектрального аналізу вібросигналів.
 - Вимірювання амплітуд, частот і фаз гармонійних складових в діапазоні 10...2000 Гц з шириною смуги не більше 1/3 октави.
 - Використання реєстраційного обладнання для збереження та аналізу діагностичної інформації.

Використання апаратури. У різних галузях промисловості можуть використовуватися як вітчизняні, так і закордонні вимірювальні прилади. Хоча вітчизняні прилади часто не поступаються іноземним аналогам за характеристиками, їх випуск може бути обмеженим певними галузями, що ускладнює широке впровадження методів вібродіагностики.

2.2.1 Аналіз методів обробки сигналів

Контроль віброакустичного сигналу насосних агрегатів найчастіше здійснюється через вимірювання загального рівня вібрації на корпусах підшипників і інших елементів. При перевищенні встановлених граничних значень рівня вібрації подальша експлуатація агрегатів стає небезпечною, що може призвести до аварій та значних витрат на ремонт.

Методики діагностики. Для точного діагностування необхідно не лише контролювати загальний рівень вібрації, а й використовувати спеціалізовані методи обробки вібраційного сигналу, зокрема:

- Спектральний аналіз.
- Виділення огинаючої.
- Кепстр.
- Біспектр.

Ці методи дозволяють виявити дефекти та оцінити їх прогресію.

Процедура обробки віброакустичного сигналу.

Нижче наведена типова процедура для обробки сигналу:

1. Отримання спектральних характеристик:
 - Записати спектральні характеристики при нормальному функціонуванні механізму.
2. Виявлення змін:
 - Визначити зони з найбільшими змінами спектральних характеристик, такі як:
 - Зміна амплітуд дискретних складових.
 - Перерозподіл енергії за частотами.
 - Виникнення додаткових гармонік.
3. Математична модель дефекту:
 - Розробити математичну модель, що відображає, як дефекти впливають на віброакустичний сигнал.
4. Система попередньої обробки:
 - Вибрати систему підготовки сигналу для підвищення його інформативності.
5. Статистичні характеристики:
 - Скласти програму для отримання статистичних характеристик, що чутливі до змін спектру потужності.
6. Мультифакторний експеримент:

- Знайти діагностичні ознаки на основі експериментальних даних та побудувати регресійну модель залежності між діагностичними ознаками та технічним станом механізму.

Цей підхід забезпечує детальну та комплексну оцінку стану насосних агрегатів.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка алгоритму діагностування

З погляду стикування системи діагностики із системами АСУТП і СТОР задачі прогнозування передбачають відповідно оцінку рівня технічного стану в заданий майбутній момент часу й оцінку інтервалу часу, протягом якого агрегат, вузол, система, елемент збережуть працездатний стан. Алгоритми, призначені для цих цілей, так само як і алгоритми діагностування з оцінкою рівня працездатності, орієнтовані на технічні засоби, передбачені на рівні виробничих об'єднань.

Досвід створення й експлуатації комплексу алгоритмів діагностування і прогнозування технічного стану систем ППТ дозволив сформувати ряд положень, що визначають загальний і доцільний підхід до рішення діагностичних задач. На стадії проведення циклу теоретичних і експериментальних досліджень по одержанню діагностичних моделей і підтвердженню їхньої адекватності виправдане застосування загальних математичних методів: статистичних правил розпізнавання і прийняття рішень, лінійних і нелінійних методів розділення підмножин у просторі станів, а також метричних і логічних методів поділу, методів апроксимації й оптимізації пошуку при діагностуванні.

Разом з тим їх варто розглядати тільки як допоміжні по відношенню до побудов, що базується на обліку реальних процесів і представлень про їх, а також на логіку прийняття рішень і наборі цих рішень, що узагальнюють

попередній досвід експлуатації досліджуваного типу ЦНА або його найближчих аналогів.

При використанні загальних математичних методів варто враховувати, що кожний з них характеризується своєю областю й умовами використання, вихід за які може привести до помилкових результатів [47, 48, 49, 50]. Це часто має місце, наприклад, при неакуратному використанні статистичних критеріїв згоди при зіставленні теоретичних і експериментальних даних. У той же час, саме в силу спільності, такі методи або не забезпечують одержання задовільної точності опису, або не дозволяють вірогідно оцінити її. Так, пошук параметрів апроксимації дає можливість одержати в деякому змісті "найкращі" оцінки їхніх значень, але не містить інформації про тім, наскільки ці оптимальні оцінки близькі до реальної залежності, зокрема при прогнозуванні майбутніх значень. Звідси випливає важлива теза, що доцільно дотримуватись при визначенні зв'язків діагностичних ознак з вимірюваними ознаками при побудові діагностичних моделей: експериментальні дані варто використовувати в першу чергу для підтвердження теоретичних чи залежностей їхнього коректування. Одержання залежностей зв'язку діагностичних ознак з вимірюваними ознаками за даними експерименту доцільно для процесів, у яких цей зв'язок носить кореляційний характер або свідомо невідома і не може бути отримана теоретично.

При побудові моделей діагностування необхідно орієнтуватися в першу чергу на розробку детерміністських методів розпізнавання, що забезпечують однозначність ідентифікації класів станів у множині M_d . У тому випадку, якщо зв'язки між станами системи ППТ, отримані при аналізі ознак цих станів, носять імовірнісний характер, а розташовуваний набір контрольованих параметрів недостатній для формування сукупностей ознак, необхідних і достатніх для однозначного розпізнавання класів станів, варто розробляти імовірнісні методи розпізнавання станів [51, 52, 53]. Детерміністські та імовірнісні методи можуть існувати тільки у взаємозв'язку, тому що існуючий рівень технології і техніки цілком виключає однозначний вибір.

Процедура приведення при формуванні моделей повинна ґрунтуватися як на загальних принципах теорії подоби й аналізу розмірності, так і на теоретичних і експериментальних результатах, зв'язаних з фізикою процесів, що протікають у системі ППТ. Звідси випливає, що рішення задач діагностування вимагає розробки методів приведення параметрів системи ППТ.

Діагностичні моделі, як уже вказувалося, доцільно представляти у відносному виді стосовно вихідного рівня включених у них показників. Нагадаємо, що такий підхід дозволяє відносно підвищити чутливість діагностування за рахунок виключення впливу систематичної складової похибки вимірів.

Організація автоматизованого збору й обробки інформації про контрольовані параметри системи ППТ відкриває додаткові можливості в частині підвищення вірності діагностування, з одного боку, шляхом підвищення вірогідності вхідної інформації за рахунок використання для цього методів логічної фільтрації і статистичної обробки даних, з іншого боку - шляхом "згладжування" значень ДП на основі апроксимації з урахуванням реальних зв'язків, що характеризують процеси, що проходять у системі ППТ [54, 55]. Формальні моделі протікання процесів при цьому покликані бути засобом опису реальності, а не засобом примусового припасування останньої до заздалегідь сформульованої схеми.

Необхідно використовувати більш складні алгоритми, що сполучають апроксимацію за допомогою монотонно протікаючих (експоненційно чи лінійно) залежностей з аналізом і обліком умов, що приводять до можливої стрибкоподібної зміни реалізації цього процесу, наприклад, при чищенні компресорів, включенні системи антизледеніння. Більш того, повинні використовуватися додаткові логічні блоки алгоритму, що відтинають "помилкові" ділянки. Такі ділянки можуть бути обумовлені складними аномальними процесами, що відбуваються в засобах вимірювання, наприклад дрейфом показань термопар, впливом зміни термодинамічних параметрів при використанні одиничних датчиків.

Помилки при таких процесах, як уже вказувалося, не можна строго віднести до випадкових флуктуацій, тому не годять статистичні методи фільтрації [56, 57]. Не можна їх віднести і до систематичних відхилень, проти яких могли б бути використані методи придушення мультиплікативних, адитивних і інших завад.

Для розпізнавання подібних "помилкових" ділянок аналізу одиночного процесу недостатньо, необхідний спільний розгляд процесів, що характеризують зміну ДП, що мають, групу загальних КП. Оскільки існують міри кількісного впливу загальних КП на різні ДП, те реальної виявляється задача виділення "помилкової" складової еволюції ДП, обумовленою флуктуацією значень КП, та її наступне виключення. У більш широкій постановці на базі спільного розгляду змін ДП повинен зважуватися комплекс задач по створенню алгоритмів самодіагностування систем діагностики.

Створення діагностичних моделей і алгоритмів діагностування і прогнозування по розпізнаванню окремих класів станів є необхідним, але не достатнім для КАСД. Розробка КАСД вимагає в кінцевому рахунку переходу від діагностування за одиничними показниками до деякого інтегрального представлення про стан системи ППТ і його прогнозованих експлуатаційних властивостей.

Процедури діагностування і прогнозування технічного стану (ТС) вузлів і елементів системи ППТ дуже різноманітні так за функціональною структурою, так і за формою представлення результатів. Разом з тим необхідно регулярно приймати рішення по подальшому технічному обслуговуванню системи ППТ, що можуть мати важливі наслідки і бути зв'язані з великими витратами матеріальних і трудових ресурсів. У цих умовах використання дискретної діагностичної інформації про стан окремих вузлів і систем, як правило, недостатньо. Необхідно також приймати до уваги стан агрегату в комплексі. Це особливо важливо у випадку формування рішень не людиною, а системою діагностики.

Форма комплексного показника ТС системи ППТ може бути різною в залежності від призначення діагностування. Як комплексний показник надійності доцільно використовувати поняття залишкового міжремонтного ресурсу агрегату, що має розмірність часу. Для визначення цього ресурсу використовується багатокритеріальний підхід з виявленням "критичних вузлів", в основному характеризуючих надійність роботи елементів системи ППТ, з визначенням накопичених значень частки індивідуального ресурсу цих вузлів і з врахуванням можливих наслідків руйнувань кожного елемента. У такій постановці показник надійності характеризує вичерпання довговічності агрегату в цілому по вичерпанню довговічності основних вузлів системи ППТ при роботі в конкретних умовах, тобто витрата запасу працездатності системи ППТ.

3.2 Кореляційний аналіз технологічних точок для вимірювання вібрації насосного агрегата типу ЦНС-180-1900 з метою відбору найбільш інформативних точок

Для того, щоб забезпечити оперативну роботу системи вібродіагностики потрібно насамперед визначити ту кількість точок, з яких будуть проводитись заміри. Було поставлено завдання відбору тих точок, які несуть найбільш повну інформацію про стан системи ППТ та відсіювання тих точок, які корелюють з першими. Збір інформації проводився на газоперекачуючому агрегаті типу ЦНС-180-1900 на компресорній станції. Для вирішення цієї задачі було застосовано модифікований метод побудови кореляційної матриці з парних коефіцієнтів кореляції для кожного з трьох напрямків заміру вібрації (вертикального – “X”, горизонтального – “Y” та поперечного - “Z”), він буде двовимірну кореляційну матрицю із запису вібраційних сигналів, зроблених портативним віброметром у всіх контрольних точках СНА, і порівнює коефіцієнт кореляції кожної комірки з встановленим порогом кореляції, який

ми вважаємо рівним 0,7. При такому коефіцієнті кореляції якість даних двох корельованих точок приблизно однакова.

Однак у цій ситуації цей метод потрібно було трохи вдосконалити, наприклад: після захоплення та відбору комірок з коефіцієнтами кореляції, що перевищують порогове значення, для кожного стовпця матриці розраховується процентне співвідношення коефіцієнт кореляції вище порогового значення для загальної кількості елементів у стовпці. Якщо значення перевищує 50%, ми вважаємо цей пункт інформативним, інакше відхиляємо його.

Незважаючи на всю свою простоту метод дає достовірні результати. Так при експериментальній перевірці вдосконаленого методу було відібрано ряд точок та проаналізовано їх частотні спектри а також спектри декількох точок з коефіцієнтом взаємкореляції > 0.7 . В другому випадку спектри були практично ідентичні.

Для вертикальної складової вібрації було обчислено кореляційну матрицю зображену на рисунку 3.1. Процентне відношення кореляції для кожної точки з іншими точками отримали наступне: (при порозі кореляції 0,7 та проценті відбору 55%)

Для 01_x точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)

Для 02_x точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)

Для 03_x точки корелюють між собою 10 із 34 точок (30 %)

Для 04_x точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)

Для 05_x точки корелюють між собою 5 із 34 точок (15 %)

Для 06_x точки корелюють між собою 23 із 34 точок (70 %)

Для 07_x точки корелюють між собою 3 із 34 точок (9 %)

Для 08_x точки корелюють між собою 22 із 34 точок (67 %)

Для 09_x точки корелюють між собою 22 із 34 точок (67 %)

Для 10_x точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)

Для 11_x точки корелюють між собою 4 із 34 точок (12 %)

Для 12_x точки корелюють між собою 22 із 34 точок (67 %)

Для 13_x точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)

Для 14_х точки корелюють між собою 22 із 34 точок (67 %)
 Для 15_х точки корелюють між собою 4 із 34 точок (12 %)
 Для 16_х точки корелюють між собою 19 із 34 точок (58 %)
 Для 17_х точки корелюють між собою 22 із 34 точок (67 %)
 Для 18_х точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)
 Для 19_х точки корелюють між собою 12 із 34 точок (36 %)
 Для 20_х точки корелюють між собою 13 із 34 точок (39 %)
 Для 21_х точки корелюють між собою 10 із 34 точок (30 %)
 Для 22_х точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)
 Для 23_х точки корелюють між собою 5 із 34 точок (15 %)
 Для 24_х точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)
 Для 25_х точки корелюють між собою 23 із 34 точок (70 %)
 Для 26_х точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)
 Для 27_х точки корелюють між собою 15 із 34 точок (45 %)
 Для 28_х точки корелюють між собою 19 із 34 точок (58 %)
 Для 29_х точки корелюють між собою 12 із 34 точок (36 %)
 Для 30_х точки корелюють між собою 17 із 34 точок (52 %)
 Для 31_х точки корелюють між собою 12 із 34 точок (36 %)
 Для 32_х точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)
 Для 33_х точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)
 Для 34_х точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)

Зважаючи на це було відкинуто наступні точки які перевищують поріг вібрації, а саме: 06_х, 08_х, 09_х, 10_х, 12_х, 13_х, 14_х, 16_х, 17_х, 22_х, 25_х, 28_х, 32_х точки, процент кореляції для яких перевищує заданий процентний пороговий рівень (55%) а також точки 27_х (для якої 45 %) , 30_х (52 %) які розташовані на опорах, та наближаються за рівнем до порогового. В результаті залишилось 19 точок, на яких варто розміщувати давачі.

Для горизонтальної складової вібрації отримали наступну таблицю (рисунок 3.2) та процентне відношення кореляції по кожній з точок:

Для 01_у точки корелюють між собою 17 із 34 точок (52 %)
Для 02_у точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)
Для 03_у точки корелюють між собою 10 із 34 точок (30 %)
Для 04_у точки корелюють між собою 11 із 34 точок (33 %)
Для 05_у точки корелюють між собою 6 із 34 точок (18 %)
Для 06_у точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)
Для 07_у точки корелюють між собою 11 із 34 точок (33 %)
Для 08_у точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)
Для 09_у точки корелюють між собою 15 із 34 точок (45 %)
Для 10_у точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)
Для 11_у точки корелюють між собою 12 із 34 точок (36 %)
Для 12_у точки корелюють між собою 19 із 34 точок (58 %)
Для 13_у точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)
Для 14_у точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)
Для 15_у точки корелюють між собою 6 із 34 точок (18 %)
Для 16_у точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)
Для 17_у точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)
Для 18_у точки корелюють між собою 3 із 34 точок (9 %)
Для 19_у точки корелюють між собою 17 із 34 точок (52 %)
Для 20_у точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)
Для 21_у точки корелюють між собою 7 із 34 точок (21 %)
Для 22_у точки корелюють між собою 23 із 34 точок (70 %)
Для 23_у точки корелюють між собою 3 із 34 точок (9 %)
Для 24_у точки корелюють між собою 10 із 34 точок (30 %)
Для 25_у точки корелюють між собою 24 із 34 точок (73 %)
Для 26_у точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)
Для 27_у точки корелюють між собою 10 із 34 точок (30 %)
Для 28_у точки корелюють між собою 23 із 34 точок (70 %)
Для 29_у точки корелюють між собою 11 із 34 точок (33 %)
Для 30_у точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)

Для 31_у точки корелюють між собою 12 із 34 точок (36 %)

Для 32_у точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)

Для 33_у точки корелюють між собою 9 із 34 точок (27 %)

Для 34_у точки корелюють між собою 6 із 34 точок (18 %)

В результаті, точки 06_у, 08_у, 10_у, 12_у, 13_у, 14_у, 16_у, 17_у, 20_у, 22_у, 25_у, 28_у, 30_у, 32_у було відкинуто з переліку зважаючи на їхній процентний рівень, а також вилючено точки 09_у (45 %) та 01_у (52 %) які наближаються до заданого рівня.

Подібний аналіз було здійснено для поперечного напрямку вимірювання вібрації. Отримали наступні результати – кореляційна матриця наведена на рисунку 3.3 а процентний рівень по всіх точках поданий нижче:

Для 01_z точки корелюють між собою 11 із 34 точок (33 %)

Для 02_z точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)

Для 03_z точки корелюють між собою 11 із 34 точок (33 %)

Для 04_z точки корелюють між собою 14 із 34 точок (42 %)

Для 05_z точки корелюють між собою 5 із 34 точок (15 %)

Для 06_z точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)

Для 07_z точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)

Для 08_z точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)

Для 09_z точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)

Для 10_z точки корелюють між собою 25 із 34 точок (76 %)

Для 11_z точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)

Для 12_z точки корелюють між собою 19 із 34 точок (58 %)

Для 13_z точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)

Для 14_z точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)

Для 15_z точки корелюють між собою 7 із 34 точок (21 %)

Для 16_z точки корелюють між собою 11 із 34 точок (33 %)

Для 17_z точки корелюють між собою 15 із 34 точок (45 %)

Для 18_z точки корелюють між собою 7 із 34 точок (21 %)

Для 19_z точки корелюють між собою 19 із 34 точок (58 %)
 Для 20_z точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)
 Для 21_z точки корелюють між собою 19 із 34 точок (58 %)
 Для 22_z точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)
 Для 23_z точки корелюють між собою 15 із 34 точок (45 %)
 Для 24_z точки корелюють між собою 4 із 34 точок (12 %)
 Для 25_z точки корелюють між собою 19 із 34 точок (58 %)
 Для 26_z точки корелюють між собою 6 із 34 точок (18 %)
 Для 27_z точки корелюють між собою 13 із 34 точок (39 %)
 Для 28_z точки корелюють між собою 20 із 34 точок (61 %)
 Для 29_z точки корелюють між собою 14 із 34 точок (42 %)
 Для 30_z точки корелюють між собою 11 із 34 точок (33 %)
 Для 31_z точки корелюють між собою 13 із 34 точок (39 %)
 Для 32_z точки корелюють між собою 23 із 34 точок (70 %)
 Для 33_z точки корелюють між собою 21 із 34 точок (64 %)
 Для 34_z точки корелюють між собою 8 із 34 точок (24 %)

Для поперечної складової з технологічної карти було відкинуто точки 06_z, 07_z, 09_z, 10_z, 12_z, 13_z, 14_z, 19_z, 21_z, 22_z, 25_z, 28_z, 32_z, 33_z, а також точку 17_z (45 %),

Співставивши отримані дані, залишилось таким чином 19 точок із 34 тобто можна зробити висновок що майже 50% інформації, яка отримувалась з 34 точок були надлишковими даними на обробку яких витрачалось також приблизно стільки ж машинного часу та ресурсів.

X	6		8	9	10	12	13	14	16	17				22	25	28	30	32	33
Y	6	7		9	10	12	13	14	16	17		20		22					
Z											19		21						

$\mu_{\text{норм}}$	01_x	02_x	03_x	04_x	05_x	06_x	07_x	08_x	09_x	10_x	11_x	12_x	13_x	14_x	15_x	16_x	17_x	18_x	19_x	20_x	21_x	22_x	23_x	24_x	25_x	26_x	27_x	28_x	29_x	30_x	31_x	32_x	33_x	34_x	
01_x	1.000	-0.176	-0.767	-0.538	0.036	0.660	-0.352	0.980	0.142	0.167	0.261	0.760	0.022	-0.274	0.104	-0.302	0.960	-0.223	-0.631	-0.771	0.057	0.000	-0.078	-0.578	0.870	0.417	0.418	0.910	0.376	0.740	0.189	0.930	0.417	-0.325	
02_x	-0.176	1.000	0.000	-0.299	-0.596	-0.245	-0.668	0.353	0.960	0.083	0.319	0.271	0.760	0.363	0.461	0.760	0.100	-0.246	0.720	0.357	-0.041	-0.287	-0.390	-0.458	0.820	-0.330	0.345	0.940	-0.750	0.890	0.070	0.527	-0.598	-0.593	
03_x	-0.767	0.000	1.000	-0.293	-0.613	0.790	-0.128	0.880	0.950	-0.311	-0.338	0.920	-0.323	0.382	-0.950	-0.640	-0.573	-0.386	0.271	0.140	0.296	0.760	0.045	0.446	0.800	-0.476	-0.611	0.740	0.008	-0.057	0.015	0.760	-0.083	-0.045	
04_x	-0.538	-0.299	-0.293	1.000	0.070	0.004	0.106	-0.724	-0.725	0.760	0.870	-0.426	0.910	-0.069	0.486	-0.227	0.523	-0.457	0.860	-0.308	-0.402	0.106	0.592	-0.688	0.890	0.436	0.111	0.900	-0.322	-0.275	-0.412	0.810	0.107	-0.766	
05_x	0.036	-0.596	-0.613	0.070	1.000	-0.152	0.069	-0.591	-0.482	-0.005	0.064	0.930	-0.404	0.840	-0.208	-0.234	-0.519	-0.434	-0.475	-0.332	0.251	0.890	-0.665	-0.575	0.840	0.431	-0.751	-0.409	-0.382	0.478	-0.568	0.578	-0.454	0.365	
06_x	0.660	-0.245	0.790	0.004	-0.152	1.000	-0.363	0.840	0.870	0.760	0.890	0.920	0.180	0.720	0.294	0.870	0.900	-0.757	0.900	0.730	0.790	0.592	0.940	0.529	0.950	0.940	0.970	0.780	0.970	0.900	0.920	0.870	-0.537	0.800	
07_x	-0.352	0.980	-0.128	0.106	0.069	-0.363	1.000	0.015	0.960	0.599	-0.100	0.740	-0.199	-0.618	0.219	0.037	-0.401	0.136	0.730	0.290	-0.015	-0.297	0.080	-0.332	-0.597	0.909	-0.051	-0.168	-0.244	-0.395	0.170	-0.582	-0.345	-0.394	
08_x	0.980	0.359	0.880	-0.724	-0.591	0.840	0.015	0.960	0.970	0.720	-0.167	0.890	0.720	0.690	-0.197	0.970	0.980	-0.160	0.458	0.720	0.770	0.790	-0.531	0.980	0.830	0.760	0.930	0.940	0.890	0.910	0.740	0.870	-0.595	-0.685	
09_x	0.142	0.960	0.950	-0.725	-0.482	0.870	0.980	0.950	1.000	0.760	0.365	0.770	0.740	0.730	0.800	0.242	0.870	0.980	0.082	0.870	-0.294	0.960	0.444	0.810	0.930	0.950	0.960	0.960	0.920	0.110	0.000	0.760	0.190	-0.639	0.950
10_x	0.167	0.083	0.311	0.760	-0.075	0.760	0.959	0.720	0.760	1.000	0.740	0.790	0.730	0.780	0.980	0.531	0.930	0.367	0.890	0.890	0.890	0.790	0.457	-0.627	0.970	0.268	0.791	-0.333	-0.347	0.820	0.870	0.770	0.740	0.063	
11_x	0.261	0.319	-0.339	0.070	0.064	0.850	-0.100	-0.167	0.365	0.740	1.000	0.960	0.093	0.337	0.079	-0.720	0.790	-0.629	0.524	-0.002	-0.653	-0.004	-0.411	0.095	0.363	-0.024	0.007	-0.718	0.103	0.468	-0.622	0.572	-0.489	-0.639	
12_x	0.760	0.271	0.920	-0.426	0.930	0.920	0.740	0.890	0.770	0.790	0.990	1.000	0.910	0.720	0.195	0.770	0.970	0.600	0.810	0.211	0.790	0.840	-0.490	0.960	0.820	0.720	0.960	0.930	0.270	0.520	0.414	0.960	0.269	-0.531	
13_x	0.022	0.760	0.323	0.910	-0.404	0.183	-0.196	0.720	0.740	0.730	0.099	0.910	1.000	0.670	0.137	0.740	0.940	0.112	0.710	0.134	0.710	-0.203	0.964	0.920	0.710	0.980	0.930	0.014	0.940	0.910	0.860	0.870	0.770	0.649	
14_x	-0.274	0.363	0.392	0.069	0.840	0.720	0.618	0.890	0.730	0.760	0.337	0.720	0.670	1.000	0.291	0.710	0.960	0.104	0.970	0.044	0.890	0.890	0.960	0.960	0.930	0.930	0.960	0.730	0.139	0.860	0.960	0.128	0.810	0.780	
15_x	0.104	0.461	0.920	0.496	-0.208	0.294	0.219	-0.197	0.360	0.960	0.079	0.196	-0.137	0.291	1.000	0.348	-0.568	0.277	-0.427	0.920	0.743	-0.612	0.041	-0.380	-0.690	-0.444	0.002	0.517	0.356	-0.752	0.046	-0.096	-0.021	-0.344	
16_x	-0.302	0.760	0.640	0.227	-0.234	0.670	0.037	0.970	0.242	0.531	-0.720	0.770	0.740	0.710	0.348	1.000	0.620	-0.380	0.900	0.730	0.068	0.930	0.800	0.960	0.163	-0.725	0.730	0.446	0.930	0.890	0.790	0.980	0.820	0.780	
17_x	0.980	0.100	-0.573	0.523	-0.519	0.800	0.401	0.980	0.870	0.830	0.790	0.970	0.940	0.960	0.096	0.620	1.000	0.690	0.469	-0.530	0.890	0.910	0.410	0.880	0.970	0.980	0.820	0.730	0.950	0.940	0.926	0.840	0.900	-0.463	
18_x	-0.223	-0.246	-0.396	0.457	0.434	-0.267	0.135	0.165	0.930	0.367	-0.629	0.900	0.112	0.109	0.277	-0.388	0.890	1.000	-0.260	0.770	0.196	0.890	0.410	0.710	0.689	-0.342	0.437	-0.081	0.037	0.990	-0.065	-0.780	0.488	0.960	
19_x	-0.631	0.720	0.271	0.890	-0.475	0.940	0.790	0.498	0.082	0.890	0.524	0.810	0.710	0.970	0.427	0.980	0.469	-0.260	1.000	-0.365	0.530	0.780	0.402	0.775	0.900	-0.010	0.900	0.036	0.462	0.547	0.499	0.307	0.567	-0.786	
20_x	-0.771	0.267	0.140	0.308	0.332	0.720	0.290	0.720	0.870	0.890	0.002	0.211	-0.134	0.044	0.900	0.730	0.530	0.770	0.365	1.000	0.889	0.720	0.967	0.299	0.900	0.409	0.770	0.126	0.810	0.374	0.760	0.180	0.536	-0.590	
21_x	0.067	-0.041	0.296	0.402	0.251	0.760	0.015	0.770	-0.294	0.860	0.683	0.790	0.710	0.880	0.743	0.668	0.890	-0.199	0.530	0.969	1.000	0.967	0.436	0.232	0.096	0.940	0.387	0.790	0.659	0.165	0.440	0.960	0.244	0.375	
22_x	0.940	-0.267	0.760	0.105	0.890	0.592	0.297	0.790	0.960	0.790	0.004	0.840	-0.203	0.890	0.612	0.920	0.910	0.880	0.780	0.720	0.967	1.000	-0.517	0.890	0.299	0.020	0.940	0.270	0.910	0.330	0.740	0.770	0.263	0.900	
23_x	-0.678	-0.380	0.045	0.592	-0.665	0.840	0.080	-0.530	0.444	0.457	0.411	0.458	0.954	0.960	0.047	0.800	-0.410	-0.415	0.402	0.197	0.436	0.517	1.000	-0.367	0.790	0.031	0.208	0.702	0.770	-0.049	0.573	0.647	-0.022	-0.103	
24_x	-0.578	-0.456	0.446	0.686	-0.535	0.529	-0.332	0.990	0.810	-0.627	0.025	0.560	0.920	0.920	0.383	0.890	0.880	0.710	0.779	0.970	0.222	0.890	0.357	1.000	-0.139	-0.721	0.389	0.136	0.092	0.438	0.363	0.432	-0.196	-0.401	
25_x	0.820	0.920	0.930	0.820	0.840	0.950	-0.597	0.830	0.930	0.970	0.363	0.820	0.710	0.820	0.950	0.163	0.970	-0.689	0.900	0.930	0.066	0.295	0.790	-0.139	1.000	0.930	0.970	0.477	0.920	0.990	-0.136	0.890	0.820	0.760	
26_x	0.417	-0.320	-0.476	0.436	0.431	0.940	0.509	0.760	0.960	0.396	0.004	0.720	0.880	0.930	0.444	-0.725	0.880	-0.342	0.010	-0.409	0.940	0.020	0.031	-0.721	0.900	1.000	-0.306	0.026	-0.026	-0.707	0.183	0.575	0.523	-0.547	
27_x	0.418	0.345	-0.611	0.111	-0.751	0.970	-0.051	0.980	0.890	0.790	0.007	0.920	0.930	0.940	0.002	0.720	0.820	0.437	0.930	0.770	0.387	0.940	0.208	0.389	0.970	-0.306	1.000	0.930	0.727	0.222	-0.122	-0.950	-0.594	0.088	
28_x	0.910	0.940	0.740	0.800	-0.409	0.760	-0.168	0.940	0.960	-0.333	0.718	0.890	-0.044	0.794	0.517	0.446	0.730	-0.081	0.036	-0.128	0.290	0.720	0.702	0.136	-0.477	0.095	0.930	1.000	0.710	0.010	0.860	0.960	0.920	0.940	
29_x	0.375	-0.750	0.008	-0.322	-0.382	0.970	-0.244	0.890	-0.110	-0.347	0.103	0.275	0.940	0.136	-0.395	0.920	0.920	0.037	-0.462	0.810	-0.859	0.910	0.270	0.092	0.920	-0.036	-0.727	0.710	1.000	0.003	0.151	0.710	-0.686	0.117	
30_x	0.740	0.890	0.067	-0.275	0.479	0.900	-0.395	0.910	0.900	0.820	0.468	0.920	0.910	0.860	0.752	0.950	0.900	0.980	-0.547	-0.374	0.165	0.330	-0.049	0.436	0.960	-0.707	0.222	0.910	0.900	1.000	0.720	0.960	-0.006	0.146	
31_x	0.169	0.070	0.015	-0.412	-0.568	0.920	0.170	0.740	0.760	0.870	0.622	0.414	0.860	0.960	0.046	0.790	0.595	-0.063	-0.459	0.780	0.440	0.740	0.573	0.263	-0.138	-0.183	-0.122	0.960	0.151	0.720	1.000	0.770	0.552	-0.473	
32_x	0.930	-0.527	0.740	0.010	0.579	0.070	0.552	0.870	0.150	0.770	0.573	0.960	0.070	-0.128	0.066	-0.980	0.940	0.700	0.307	0.160	0.920	0.770	0.647	0.432	0.980	-0.575	0.950	0.940	0.710	0.080	0.770	1.000	0.670	0.750	
33_x	0.417	-0.598	0.083	0.107	-0.454	-0.537	-0.345	-0.505	-0.633	0.740	-0.469	0.269	0.770	0.910	0.021	0.820	0.900	0.480	0.967	0.536	-0.244	0.263	-0.022	-0.196	0.820	0.521	-0.554	0.930	-0.686	-0.006	0.562	0.870	1.000	0.293	
34_x	-0.325	-0.593	0.045	-0.766	0.065	0.800	-0.394	-0.609	0.950	0.063	-0.638	-0.531																							

Мес-р	01.р	02.р	03.р	04.р	05.р	06.р	07.р	08.р	09.р	10.р	11.р	12.р	13.р	14.р	15.р	16.р	17.р	18.р	19.р	20.р	21.р	22.р	23.р	24.р	25.р	26.р	27.р	28.р	29.р	30.р	31.р	32.р	33.р	34.р	
01.р	1.000	0.800	0.273	-0.322	-0.316	-0.700	0.126	0.070	0.680	0.970	0.790	0.940	0.740	-0.098	-0.595	0.516	0.730	0.041	0.950	0.770	0.507	0.860	0.030	0.344	0.006	-0.760	0.000	0.000	-0.516	-0.448	0.720	0.930	0.510	0.124	
02.р	0.800	1.000	-0.000	0.940	-0.320	0.337	0.970	0.107	0.183	0.810	0.159	0.321	0.950	0.204	0.507	0.990	-0.545	0.501	-0.275	0.900	-0.408	0.710	0.052	-0.067	0.660	-0.357	-0.700	0.000	-0.042	0.528	-0.279	-0.737	0.331	-0.426	
03.р	0.273	-0.000	1.000	-0.790	-0.220	0.830	-0.256	0.070	0.442	0.810	-0.206	0.297	0.936	0.920	-0.194	-0.620	0.505	-0.496	0.880	-0.036	-0.326	0.451	-0.425	-0.698	0.760	-0.362	0.890	0.730	-0.005	0.840	-0.300	0.930	-0.724	0.049	
04.р	-0.322	0.940	-0.790	1.000	0.411	-0.607	0.262	0.740	0.910	-0.298	-0.343	0.336	0.930	-0.523	-0.288	-0.167	0.880	-0.666	0.568	-0.321	0.683	0.930	0.377	0.150	0.030	0.209	0.730	0.760	0.097	-0.138	0.830	0.930	0.352	0.063	
05.р	-0.316	-0.328	-0.228	0.411	1.000	-0.600	-0.180	0.431	-0.088	0.584	-0.601	0.840	-0.246	-0.790	0.484	0.237	-0.719	-0.153	0.076	0.930	0.521	0.940	0.590	-0.273	0.366	-0.097	-0.168	0.770	0.930	0.720	0.900	0.860	-0.177	0.240	-0.400
06.р	0.790	0.337	0.930	-0.607	-0.600	1.000	0.970	0.780	0.940	0.830	0.930	0.930	0.810	0.770	-0.704	0.990	0.850	0.222	0.790	0.830	-0.069	-0.125	0.020	-0.362	0.920	0.770	0.970	0.970	0.930	0.930	0.860	-0.177	0.240	-0.400	
07.р	0.126	0.970	-0.256	0.262	-0.180	0.970	1.000	0.710	0.930	0.494	0.214	0.720	-0.455	0.993	0.890	0.890	0.890	0.261	0.710	0.960	-0.277	0.740	-0.165	-0.897	0.169	0.141	-0.714	0.448	-0.079	0.095	0.210	-0.406	-0.285	0.294	
08.р	0.970	0.107	0.870	0.740	0.431	0.780	0.710	1.000	0.970	0.880	-0.631	0.940	0.710	-0.604	0.780	0.990	0.940	0.282	0.541	0.371	0.282	0.720	-0.318	-0.390	0.980	0.790	0.880	-0.684	0.880	-0.716	0.810	0.770	0.930	-0.126	
09.р	0.880	0.183	0.441	0.910	-0.088	0.940	0.900	0.970	1.000	0.707	-0.427	-0.712	0.930	0.518	-0.193	0.780	0.940	0.183	-0.128	0.880	0.573	0.910	0.830	0.518	0.431	0.070	0.800	-0.276	0.530	0.900	0.540	-0.096	0.469	-0.286	0.512
10.р	0.970	0.810	0.810	-0.298	0.584	0.830	0.484	0.880	0.207	1.000	0.790	0.810	0.960	0.790	0.780	0.940	0.183	0.128	0.880	0.573	0.910	0.830	0.518	0.431	0.070	0.800	-0.276	0.530	0.900	0.540	-0.096	0.469	-0.286	0.512	
11.р	0.790	0.159	-0.256	-0.343	-0.507	0.800	0.214	-0.630	-0.427	0.780	1.000	-0.738	0.456	0.800	0.217	0.740	-0.590	0.030	0.598	0.830	-0.478	0.820	-0.321	-0.349	0.790	0.420	-0.395	0.068	-0.797	0.830	0.321	-0.483	0.890	0.280	
12.р	0.960	0.321	0.297	0.336	0.940	0.960	0.720	0.940	-0.712	0.810	0.738	1.000	0.980	0.697	0.384	0.930	0.900	0.682	0.960	0.263	0.830	0.320	0.065	0.910	0.850	0.980	0.980	0.960	0.900	0.710	-0.144	0.930	0.226	0.461	
13.р	0.740	0.950	0.096	0.600	-0.246	0.810	-0.425	0.710	0.900	0.850	0.455	0.960	1.000	-0.154	0.388	0.175	0.730	0.096	0.289	0.890	0.960	0.940	0.258	0.710	0.440	0.625	0.770	0.970	0.980	0.930	0.206	0.910	0.950	0.320	
14.р	0.098	0.204	0.920	0.522	0.780	0.770	0.583	0.604	-0.518	0.790	0.930	0.897	0.154	1.000	0.321	0.730	0.760	-0.712	0.840	0.590	0.960	0.476	0.219	0.000	0.900	0.900	0.900	0.900	0.790	0.710	0.950	0.900	0.970	0.810	0.860
15.р	0.585	0.507	-0.194	-0.288	0.484	-0.704	0.950	0.780	-0.192	0.760	0.217	0.384	-0.358	0.321	1.000	0.090	0.010	-0.380	-0.405	-0.850	-0.286	0.568	-0.568	-0.076	0.710	0.354	0.117	-0.227	-0.164	0.228	-0.753	0.324	0.539	-0.440	
16.р	0.516	0.930	-0.620	-0.167	0.237	0.930	0.890	0.990	0.760	0.940	0.740	0.830	0.176	0.720	0.830	1.000	-0.007	0.032	0.880	0.900	0.338	0.930	0.168	0.150	0.780	0.422	0.840	0.940	0.860	-0.720	0.860	0.940	0.241	0.950	
17.р	0.790	-0.545	0.505	0.680	-0.715	0.850	0.880	0.940	0.710	0.183	0.950	0.900	0.730	0.780	0.810	-0.037	1.000	0.810	0.720	-0.438	-0.682	0.870	0.320	0.080	0.000	0.720	-0.400	0.770	0.620	0.860	0.569	0.930	0.298	0.261	
18.р	0.041	0.501	-0.496	-0.666	-0.153	0.222	0.261	0.292	0.422	-0.126	-0.030	-0.800	-0.050	-0.712	-0.300	0.032	0.810	1.000	-0.250	0.176	-0.366	-0.799	-0.036	-0.367	-0.404	0.314	0.236	0.760	-0.479	0.111	-0.470	0.810	0.187	0.593	
19.р	0.950	-0.225	0.880	0.968	0.076	0.750	0.710	0.541	0.710	0.860	0.980	0.940	-0.406	0.890	-0.406	0.090	0.720	-0.250	1.000	0.330	0.480	0.770	0.136	0.086	0.900	0.995	0.267	0.950	0.022	0.910	0.820	0.740	-0.081	-0.758	
20.р	0.770	0.300	-0.036	0.321	0.930	0.820	0.860	0.371	0.670	0.573	0.820	0.950	0.890	0.930	-0.650	0.900	-0.438	0.176	0.930	1.000	0.930	0.275	-0.744	0.080	0.790	0.990	-0.525	0.750	0.960	0.800	0.930	0.930	0.955	-0.342	
21.р	0.507	-0.408	-0.336	0.083	0.521	-0.098	-0.277	0.292	0.720	0.910	-0.476	0.900	0.990	0.990	-0.286	0.338	-0.683	-0.366	0.488	0.930	1.000	0.509	-0.658	0.376	0.184	-0.527	0.580	-0.742	-0.715	-0.773	-0.773	0.790	-0.750	0.044	
22.р	0.860	0.710	0.451	0.930	0.940	-0.125	0.740	0.730	0.730	0.830	0.820	0.930	0.930	-0.476	0.588	0.990	0.990	-0.795	0.770	0.275	0.509	1.000	-0.164	0.790	0.204	0.930	0.221	0.760	0.530	0.980	0.770	0.730	0.940	0.740	
23.р	0.033	0.062	-0.425	0.377	0.590	0.020	-0.165	-0.318	0.810	-0.518	-0.321	-0.065	-0.298	0.219	-0.958	0.188	0.328	-0.036	0.135	-0.744	-0.558	-0.164	1.000	-0.796	0.216	0.098	-0.315	-0.667	0.082	0.860	-0.570	0.810	0.345	-0.423	
24.р	0.344	-0.087	-0.698	0.150	-0.273	-0.362	-0.697	-0.350	-0.393	0.431	-0.349	0.810	0.710	0.830	-0.075	0.150	0.680	-0.357	0.088	0.880	0.276	0.790	-0.796	1.000	0.770	0.536	-0.548	0.850	0.311	0.940	-0.447	0.930	-0.288	-0.426	
25.р	0.066	0.890	0.780	0.830	0.366	0.920	0.169	0.980	0.085	0.870	0.790	0.850	0.840	0.930	0.710	0.780	0.800	-0.404	0.980	0.790	0.164	-0.204	-0.216	0.770	1.000	0.900	0.660	0.750	0.970	0.930	0.800	0.940	0.740	0.730	
26.р	0.760	0.367	0.382	0.206	-0.687	0.770	0.141	0.750	0.171	0.800	-0.420	0.980	-0.528	0.930	-0.954	-0.422	0.730	0.314	-0.585	0.980	0.927	0.930	0.008	0.536	0.900	0.900	0.660	0.750	0.970	0.930	0.800	0.940	0.740	0.730	
27.р	0.800	-0.700	0.630	0.730	0.168	0.970	0.714	0.880	0.023	0.275	-0.365	0.960	0.970	0.990	0.750	0.990	0.800	0.970	0.790	0.220	0.940	0.740	0.667	0.820	0.920	0.282	0.870	1.000	0.970	0.850	0.203	0.880	0.930	0.269	
28.р	0.800	0.050	0.730	0.760	0.770	0.920	0.448	-0.684	0.980	0.930	0.068	0.880	0.970	0.990	0.750	0.990	0.800	0.970	0.790	0.220	0.940	0.740	0.667	0.820	0.920	0.282	0.870	1.000	0.970	0.850	0.203	0.880	0.930	0.269	
29.р	-0.516	-0.042	-0.006	0.087	0.067	0.220	-0.075	0.880	-0.316	0.509	-0.797	0.930	0.968	0.710	-0.164	0.860	0.820	-0.479	0.022	0.960	0.715	0.350	0.062	0.311	0.970	0.424	0.195	0.710	1.000	0.850	0.547	0.154	-0.775	0.401	
30.р	-0.448	0.528	0.940	-0.138	-0.268	0.930	0.096	-0.716	0.940	0.910	0.830	0.710	0.930	0.950	0.238	0.720	0.860	0.111	0.910	0.900	0.772	0.980	0.850	0.940	0.930	0.315	-0.281	0.820	0.620	1.000	0.950	0.930	0.720	0.107	
31.р	0.720	-0.279	-0.350	0.020	0.048	0.850	0.210	0.910	0.095	0.720	0.321	-0.144	-0.206	0.900	-0.753	0.860	0.569	-0.478	0.820	0.930	0.728	0.770	0.570	0.447	0.800	0.091	-0.423	0.203	0.547	0.360	1.000	0.288	0.100	0.179	
32.р	0.960	-0.727	0.800	0.800	0.696	0.177	-0.406	0.770	0.459	0.770	-0.480	0.900	0.910	0.970	0.324	0.940	0.990	0.810	0.740	0.980	0.700	0.730	0.810	0.900	0.940	0.079	-0.627	0.880	0.154	0.980	0.288	1.000	0.968	0.112	
33.р	0.510	0.321	-0.724	0.352	0.940	0.240	-0.295	0.930	-0.296	0.152	0.850	-0.226	0.950	0.810	0.529	0.241	0.280	0.187	-0.081	0.355	-0.750	0.840	0.345	-0.280	0.740	-0.755	-0.501	0.900	-0.775	0.720	0.100	0.988	1.000	-0.768	
34.р	0.124	-0.426	0.049	0.063	0.327	-0.600	0.294	-0.126	-0.512	-0.708	0.780	-0.451	0.920	0.860	-0.640	0.860	0.381	0.593	-0.758	-0.342	0.044	0.740	-0.422	-0.426	0.720	0.200	0.155	0.259	0.401	0.107	0.178				

	01.z	02.z	03.z	04.z	05.z	06.z	07.z	08.z	09.z	10.z	11.z	12.z	13.z	14.z	15.z	16.z	17.z	18.z	19.z	20.z	21.z	22.z	23.z	24.z	25.z	26.z	27.z	28.z	29.z	30.z	31.z	32.z	33.z	34.z
01.z	1.000	-0.421	0.830	0.149	-0.005	-0.234	0.659	0.423	0.780	0.650	-0.290	0.750	0.750	0.593	-0.498	0.774	-0.495	0.560	0.730	0.333	0.870	0.085	0.081	-0.363	0.890	-0.258	-0.274	0.800	0.078	-0.725	0.316	0.770	0.563	-0.521
02.z	0.421	1.000	0.790	-0.674	-0.571	0.630	-0.161	0.547	-0.012	0.890	0.067	0.277	0.300	0.930	0.592	0.473	0.168	-0.377	0.342	0.467	0.489	0.980	0.304	0.652	0.740	0.496	0.227	0.340	-0.152	0.790	0.305	0.259	-0.478	0.641
03.z	0.830	0.790	1.000	0.750	0.602	0.790	0.347	0.910	0.048	0.720	0.670	0.375	0.720	0.312	-0.385	0.870	0.950	0.729	0.423	-0.195	-0.111	0.850	-0.241	0.033	-0.147	-0.263	0.468	0.466	-0.596	0.212	-0.893	0.860	0.770	0.338
04.z	0.149	-0.674	0.750	1.000	0.111	0.074	0.510	-0.467	0.760	-0.698	0.660	0.830	0.970	0.357	0.050	-0.468	0.752	0.970	0.590	0.148	0.820	0.970	0.363	-0.278	0.720	0.433	-0.754	0.710	0.471	-0.967	0.532	0.750	0.820	0.235
05.z	0.005	-0.571	0.602	0.111	1.000	0.006	-0.745	-0.308	0.520	0.630	-0.345	0.850	0.617	0.340	0.770	0.207	0.334	0.388	-0.078	0.404	0.930	0.602	0.820	0.414	-0.269	-0.188	-0.572	0.339	0.259	0.261	-0.596	0.031	-0.514	-0.324
06.z	0.234	0.630	0.750	0.074	0.006	1.000	-0.601	0.320	0.900	0.880	0.940	0.740	0.890	0.850	-0.454	0.950	0.940	0.383	0.760	0.240	0.990	0.431	0.253	0.474	0.940	-0.310	0.860	0.320	0.810	0.840	-0.777	0.990	0.910	0.246
07.z	0.650	-0.161	0.347	0.910	0.745	-0.601	1.000	-0.006	0.520	0.940	0.760	0.810	0.850	-0.647	-0.302	0.900	0.990	0.710	-0.314	-0.706	0.520	0.890	0.740	0.688	0.990	0.177	0.970	0.370	0.950	0.624	0.990	0.820	0.990	0.820
08.z	0.423	0.547	0.910	-0.467	-0.308	0.520	-0.006	1.000	-0.116	0.900	0.820	0.790	-0.345	0.590	-0.755	0.473	0.079	-0.250	0.524	0.402	0.910	0.192	0.504	-0.039	-0.701	0.371	-0.055	0.840	-0.041	0.895	0.345	-0.113	0.860	0.410
09.z	0.780	-0.012	-0.046	0.760	0.920	0.900	0.920	-0.116	1.000	-0.471	0.197	0.810	0.930	0.840	0.770	0.990	-0.007	-0.091	0.147	0.920	0.980	0.760	0.760	0.270	-0.023	0.990	-0.458	0.790	-0.544	0.780	0.340	-0.210	0.890	0.740
10.z	0.650	0.680	0.720	-0.098	-0.620	0.990	0.940	0.900	-0.471	1.000	0.820	0.271	0.810	0.770	0.940	0.372	0.790	0.271	0.600	0.340	0.990	0.940	0.690	-0.507	0.800	0.830	0.810	0.950	0.730	0.900	0.890	0.860	0.770	0.790
11.z	-0.298	0.067	-0.670	0.890	-0.305	0.940	0.760	0.820	0.197	0.820	1.000	0.084	0.442	0.200	0.342	-0.461	0.423	0.442	-0.594	0.253	-0.422	0.990	0.463	-0.463	-0.560	-0.050	0.869	-0.206	0.593	0.339	-0.619	0.760	0.406	0.553
12.z	0.790	0.277	0.356	0.830	0.880	0.740	0.810	0.790	0.810	0.271	0.084	1.000	-0.354	0.850	0.990	0.940	0.391	0.369	0.950	-0.658	0.790	0.720	0.790	0.027	-0.390	-0.174	0.760	0.464	0.990	0.930	0.940	0.790	-0.422	0.533
13.z	0.790	0.300	0.720	0.970	-0.617	0.990	0.860	-0.345	0.930	0.810	0.442	-0.354	1.000	-0.346	-0.665	0.740	0.820	-0.759	0.970	0.760	-0.476	0.940	0.990	-0.793	0.990	0.820	0.790	0.720	-0.112	0.950	0.760	0.820	0.770	0.262
14.z	0.565	0.000	-0.312	-0.367	0.340	0.890	-0.647	0.550	0.840	0.770	0.200	0.850	-0.346	1.000	-0.328	0.728	0.800	-0.465	-0.043	0.940	0.730	0.890	0.840	0.740	0.830	0.930	0.930	0.840	0.760	0.530	0.740	0.770	0.820	-0.442
15.z	0.498	0.592	0.363	0.692	0.770	-0.454	-0.202	0.735	0.770	0.940	0.342	0.950	0.669	0.328	1.000	0.220	0.720	0.007	0.610	0.371	0.278	-0.004	0.467	0.669	-0.191	0.765	0.545	-0.190	0.442	-0.711	-0.289	0.720	0.205	0.475
16.z	0.774	0.473	0.870	0.408	-0.207	0.990	0.900	0.473	0.990	0.372	-0.461	0.940	0.740	-0.728	0.220	1.000	0.298	0.975	0.640	0.337	0.415	-0.610	0.840	0.765	0.710	0.015	0.670	0.169	0.850	0.436	-0.315	0.419	0.469	0.470
17.z	0.495	-0.166	-0.591	-0.792	0.334	0.940	0.860	0.079	0.007	0.790	0.423	0.351	0.820	0.800	0.720	0.291	1.000	0.118	0.405	0.790	0.506	0.840	0.910	0.243	0.018	0.164	0.990	0.776	0.770	0.790	0.470	0.870	0.990	0.538
18.z	0.560	0.377	0.725	0.970	0.368	0.363	0.710	-0.250	-0.061	0.271	0.442	0.360	0.798	0.465	0.007	0.576	0.118	1.000	0.898	0.998	-0.091	-0.527	-0.233	0.167	0.780	0.066	0.990	0.930	0.279	-0.063	-0.154	0.910	0.900	0.705
19.z	0.720	0.342	0.423	0.950	-0.078	0.760	-0.314	0.524	0.147	0.830	-0.564	0.950	0.970	-0.042	0.810	0.940	0.405	-0.658	1.000	0.710	0.241	-0.769	0.990	0.274	0.820	0.709	0.920	0.980	0.850	0.930	0.860	0.710	0.790	0.790
20.z	-0.330	-0.467	-0.195	0.148	0.404	0.240	-0.706	0.402	0.920	0.340	0.253	-0.656	0.760	0.940	0.371	0.337	0.750	0.998	0.710	1.000	0.840	0.820	0.036	0.096	-0.685	0.760	-0.749	0.271	0.441	0.067	0.338	0.220	-0.441	-0.600
21.z	0.670	0.499	-0.111	0.920	0.930	0.980	0.520	0.910	0.940	0.900	0.423	-0.750	-0.456	0.720	0.270	0.415	0.506	-0.091	0.241	0.940	1.000	-0.762	0.930	0.740	0.406	0.860	-0.007	0.796	0.820	0.740	0.470	0.770	0.800	0.670
22.z	0.085	0.060	0.650	0.970	0.602	0.431	0.690	0.192	0.790	0.940	0.860	0.720	0.800	0.800	-0.004	0.610	0.840	-0.527	-0.785	0.820	-0.762	1.000	0.960	0.277	0.990	-0.169	0.910	0.950	0.850	0.940	0.790	0.800	0.559	0.980
23.z	0.081	0.304	-0.241	0.363	0.820	0.253	0.740	0.504	0.760	0.890	0.463	0.790	0.850	0.840	0.467	0.840	0.910	-0.233	0.980	0.076	0.930	0.900	1.000	-0.712	0.820	0.022	-0.201	0.970	0.009	0.576	0.567	0.226	0.650	0.397
24.z	-0.363	-0.622	-0.033	-0.278	-0.414	-0.474	-0.689	-0.039	0.270	-0.507	-0.463	-0.077	-0.793	0.740	-0.669	0.795	0.243	0.197	-0.374	0.696	0.740	-0.277	-0.712	1.000	-0.607	0.019	-0.128	0.361	-0.017	0.306	-0.003	0.990	0.720	0.471
25.z	0.690	0.740	-0.147	0.720	-0.259	0.940	0.950	-0.770	-0.023	0.900	0.950	0.390	0.950	0.930	-0.151	0.710	0.016	0.760	0.620	0.695	-0.495	0.990	0.820	0.607	1.000	0.990	0.138	-0.403	0.750	-0.318	0.860	0.800	0.720	0.583
26.z	-0.258	0.495	-0.263	0.433	-0.188	-0.310	0.173	0.371	0.920	0.630	0.050	0.174	0.820	0.920	-0.265	0.015	0.105	0.056	-0.708	0.369	0.860	-0.168	0.022	0.019	0.990	1.000	0.121	-0.030	-0.191	-0.773	-0.335	0.406	-0.337	0.430
27.z	0.274	0.227	0.466	-0.794	-0.572	0.960	0.970	-0.055	-0.459	0.810	0.069	0.760	0.790	0.930	0.945	0.870	0.990	0.950	0.920	0.749	-0.007	0.910	-0.231	0.129	0.139	0.121	1.000	0.850	0.472	0.573	0.510	0.309	0.630	0.352
28.z	0.800	0.940	0.465	0.710	0.339	0.920	0.970	0.940	0.790	0.950	0.206	0.464	0.720	0.940	0.190	0.168	-0.716	0.990	0.991	0.271	-0.007	0.950	0.970	0.361	0.403	0.030	0.950	1.000	0.800	-0.962	0.720	0.990	0.990	0.780
29.z	-0.078	-0.152	-0.598	0.471	0.299	0.910	0.990	0.041	-0.544	0.730	0.693	0.990	0.112	0.760	0.442	0.890	0.770	0.275	0.850	0.441	0.790	0.850	0.009	0.017	0.790	0.191	0.472	0.800	1.000	0.264	-0.499	0.930	0.810	-0.294
30.z	0.725	0.790	0.212	0.967	0.261	0.990	0.634	0.699	0.760	0.900	0.339	0.980	0.950	0.920	0.771	0.436	0.790	0.063	0.920	0.087	0.920	0.940	0.976	0.366	-0.318	0.773	0.573	0.962	0.364	1.000	0.206	0.764	0.820	0.402
31.z	0.316	0.305	0.663	0.532	0.596	-0.777	0.990	0.345	0.940	0.890	0.619	0.940	0.760	0.40	0.266	0.315	0.870	-0.154	0.860	0.339	0.740	0.990	0.929	0.960	0.800	0.426	0.209	0.990	0.920	0.648	-0.764	1.000	0.790	0.790
32.z	0.710	0.259	0.860	0.790	0.031	0.990	0.620	0.112	-0.210	0.860	0.760	0.790	0.820	0.770	0.720	0.419	0.870	0.910	0.710	0.720	0.770	0.830	0.229	0.360	0.800	0.426	0.209	0.990	0.920	0.648	-0.764	1.000	0.790	0.790
33.z	0.563	-0.478	0.770	0.820	-0.514	0.910	0.960	0.990	0.770	0.406	-0.422	0.770	0.820	0.820	0.265	0.469	0.950	0.900	0.790	0.441	0.800	0.559	0.950	0.790	0.720	-0.337	0.830	0.960	0.810	-0.709	0.020	0.790	1.000	0.249
34.z	-0.520	0.641	0.380	0.235	-0.324	0.246	0.820	0.410	0.740	0.790	0.593	0.533	0.262	-0.442	-0.475	0.470	0.538	-0.705	0.790	-0.600	0.670	0.980	0.397	0.471	0.580	0.430	0.262	-0.264	-0.048	0.802	0.790	0.249	1.000	

Рисунок 3.3 – Кореляційна матриця для поперечного напрямку

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір середовища програмування та аналіз його можливостей

Для розробки програмного забезпечення автоматизованої системи діагностування системи підтримання пластового тиску було розглянуто та проаналізовано наступні програмні продукти:

- Borland C++ Builder ;
- Microsoft Visual C++ ;
- Borland Delphi .

Було відзначено, що майже всі програмні продукти є приблизно рівними по зручності інтерфейсу користувача (за винятком Microsoft Visual C++). По набору функціональних можливостей переважають Borland C++ Builder та Borland Delphi, оскільки вони мають вбудовану палітру компонент (яку можна самостійно розширювати та поповнювати новими компонентами) з понад 75 компонентами (в базовій версії) [58, 59]. Перевагою пакету Microsoft Visual C++ є те, що він використовує стандартні класи об'єктів, розроблені Microsoft – так звані MFC (Microsoft Foundation Classes) проте фірмою Borland розроблені власні бібліотеки під Delphi та Builder, тому загальну перевагу можна надати їм, а зокрема пакету Delphi, враховуючи досвід роботи в Pascal, візуальним аналогом якого є Delphi. Тому в якості середовища розробки програмного забезпечення було вибрано пакет Borland Delphi 5.

Розглянемо особливості та нововведення версії Delphi 5 порівняно з попередніми версіями. Спочатку варто відмітити, що нова версія скоріше є розвитком попередньої, а не новою революційною версією, як це було, наприклад, у версії Delphi 3. Усі серйозні зміни в даній версії спрямовані, у першу чергу на полегшення розробки і підтримки великих проектів[11, 12, 13, 14].

Середовище розробки зовні змінилося не сильно. Перше, було змінено - небагато змінений вид інспектора об'єктів (Object inspector) (рисунок 4.1).

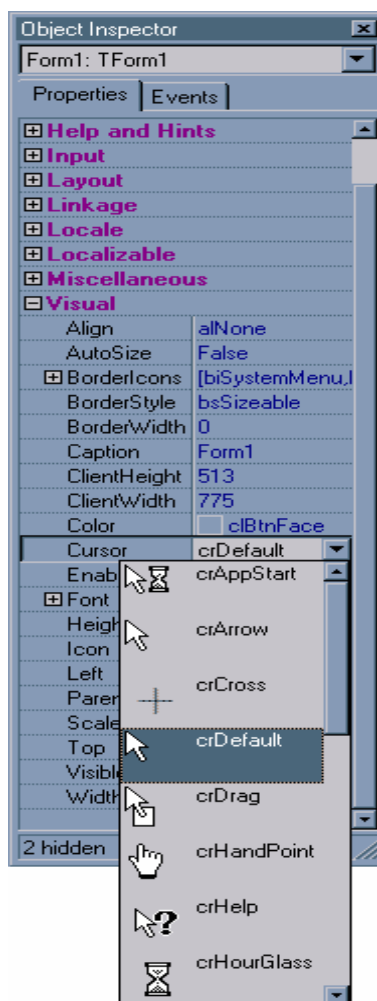


Рисунок 4.1 – Зовнішній вид вид інспектора об'єктів

Усі властивості, що мають вкладені властивості (такі як Font) чи властивості типу "множина" (такі як BorderIcons), тепер відзначені піктограмою у виді чорного символу '+' на білому тлі. Також варто відзначити те, що редактори властивостей тепер можуть більш наочно відображати значення властивостей. Наприклад, у списку, що випадає, для властивості Color крім констант, що позначають колір, показаний і сам колір, а для курсору миші можна побачити його форму. Інша зміна в інспекторі об'єктів, є більш істотною - це категорії властивостей. Річ дуже зручна. Усі властивості тепер розділені на категорії. Кожна категорія може бути розкрита в інспекторі, згорнута чи

захована. Використання категорій властивостей дуже допомагає при роботі з компонентами, що мають велику кількість властивостей, полегшуючи пошук потрібної властивості. Для тих, кому даний варіант роботи Object inspector покажеться не дуже зручним, збережений і традиційний режим роботи без категорій. Визначених категорій властивостей всього 12: Action, Database, Drag'n'Drop and Docking, Help and Hints, Input, Layout, Legacy, Linkage, Locale, Localizable, Miscellaneous, Visual. Поки що немає ніяких засобів для керування категоріями для користувача (створення нових категорій і призначення властивостям їхніх категорій вручну). Однак, для розроблювачів компонентів такі можливості є. Редактор форм також має свої особливості. Форми можуть зберігатися в текстовому форматі. Для цього в локальному меню для форми потрібно відзначити пункт "Text DFM". Збереження файлів форм у текстовому виді повинне полегшити роботу систем контролю версій (CVS), оскільки текстовий файл простіше для аналізу і для двох текстових файлів простіше візуально показати розходження (одна зі стандартних функцій CVS).

Щоб усі форми створювалися в текстовому форматі за замовчуванням, потрібно в діалозі Environment Options|Preferences включити опцію "New forms as text". Там же знаходиться ще одна корисна опція - "Auto create forms". Якщо вона відключена, то нові форми не будуть автоматично додаватися в список форм, створюваних при старті додатка.

Ще одне нововведення в середовищі розробки - нові можливості використання схем розміщення вікон IDE (Desktops) показаної на рисунку 4.2.

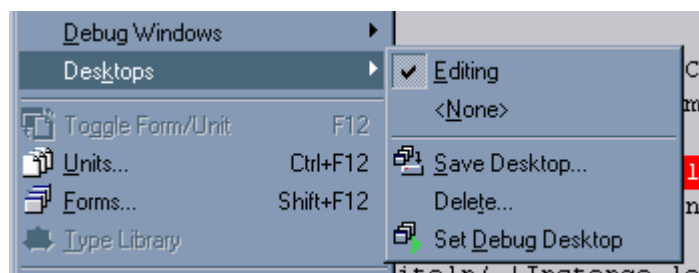


Рисунок 4.2 – Схема розміщення вікон IDE

Тепер можна визначити кілька стандартних схем, наприклад для налагодження, дизайну і т.д. Ці схеми можуть бути легко завантажені в IDE за допомогою панелі переключення схем, а також за допомогою меню (пункт View|Desktops). Одна зі схем може бути обрана як схема для налагодження додатків. У цьому випадку ця схема буде автоматично завантажена при вході в режим налагодження.

Новим в менеджері проектів (рисунок 4.3) є те, що при роботі з групою проектів можна для переключення між проектами використовувати список, що випадає, як це робиться в C++ Builder 4. Підтримується копіювання елементів з одного проекту в інший як за допомогою меню, так і за допомогою операцій Drag'n'Drop. Також у проект можуть бути додані файли опису ресурсів (*.rc). Підтримується їхня компіляція безпосередньо з IDE.

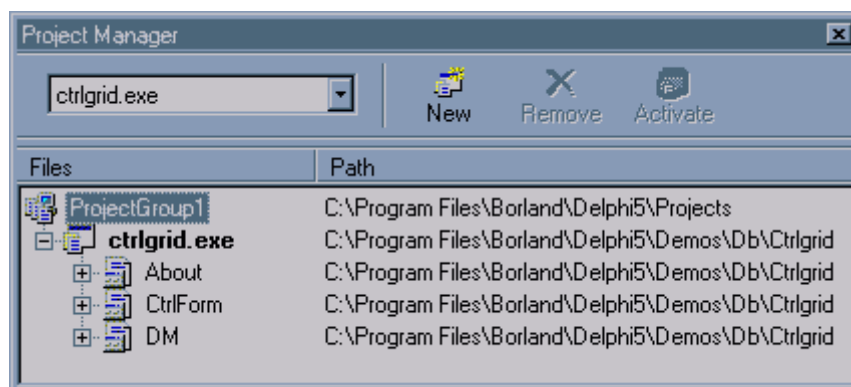


Рисунок 4.3 –Менеджер проектів (зовнішній вигляд)

Навігатор по коду (Code explorer) ззовні залишився без змін і представляє перероблену й усічену версію широко відомого інструмента ClassExplorer Pro.

Навігатор по проекту (Project Browser) (рисунок 4.4) - те, що раніш називалося Object Browser. Цілком перероблений. По інтерфейсі більше схожий на CodeExplorer. Замість системи фільтрів використовується відображення елементів класів у виді дерева. При цьому усі елементів класів відображаються

у відповідних галузях дерева, що робить фільтри не потрібними. Природно, які галузі дерева будуть видні, можна установити в налаштуваннях навігатора. До роботи з цим засобом потрібно буде небагато звикнути, але, загалом, воно більш зручно, чим старий Object Browser.

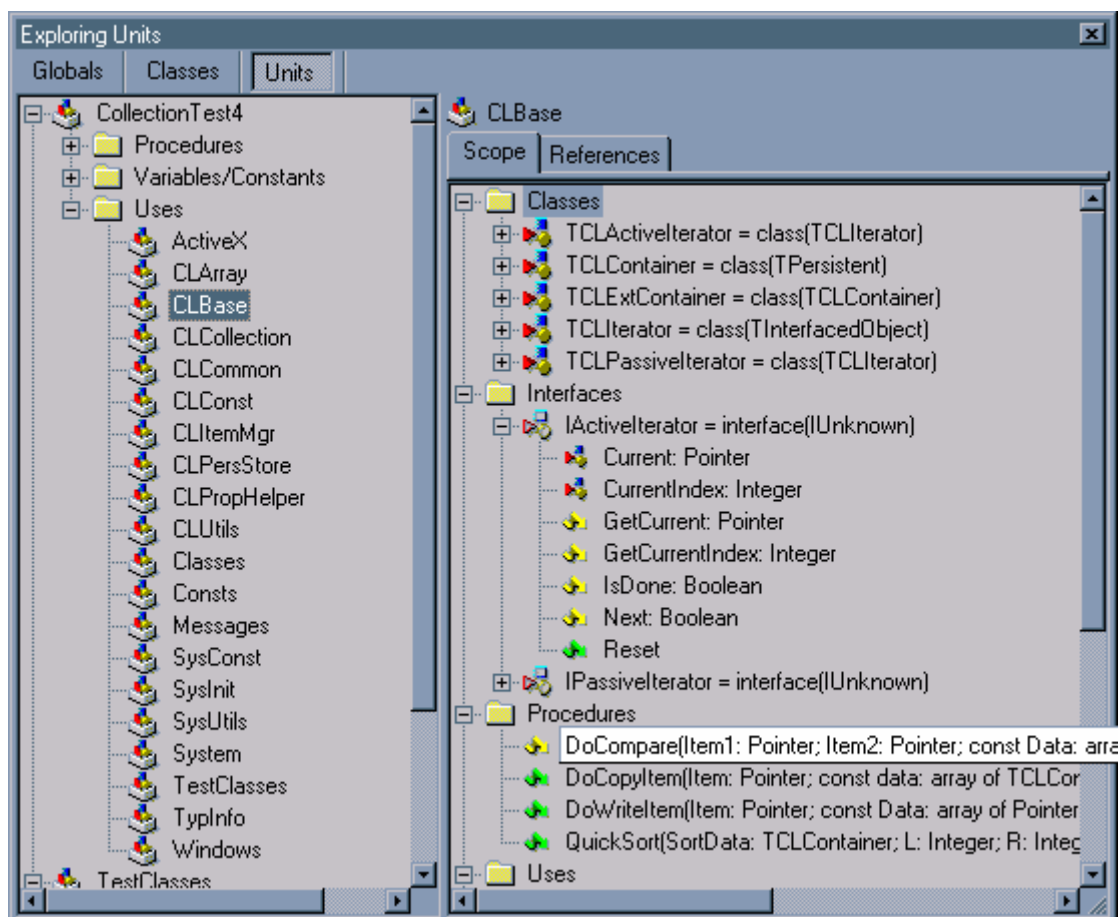


Рисунок 4.4 – Навігатор по проекту

Редактор коду залишився практично без змін. Нове в ньому – підтримка нової таблиці клавіш (keymap) – Visual Studio Emulation, а також підтримка модулів розширення редактора для розширення наборів гарячих клавіш. Модулі розширення будуються за допомогою OpenTools Api.

Список необхідних змін (To – Do List) (рисунок 4.5) – новий в IDE інструмент, корисний при розробці великих проектів так і при груповій розробці. Це своєрідна записна книжка, у яку можуть бути занесені записи про те, що необхідно зробити в проекті і черговість задач.

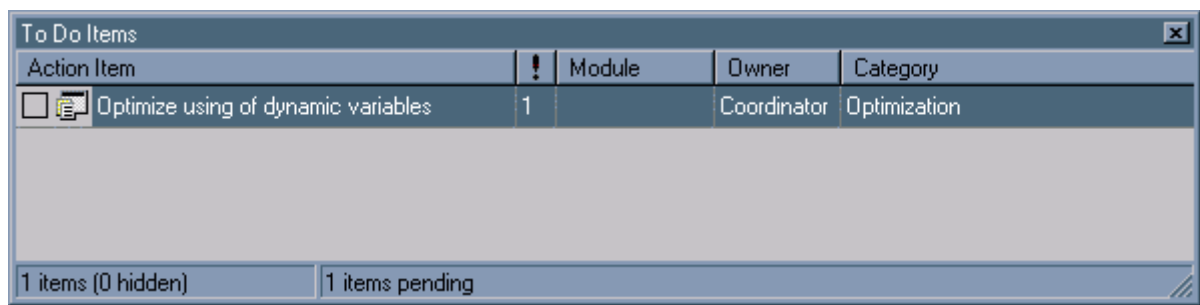


Рисунок 4.5 – Вікно списку необхідних змін

В відладчик (рисунок 4.6) внесено кілька змін, що полегшують налагодження. Крім вікна CPU у режимі налагодження тепер доступно також і вікно FPU, у якому відображаються або регістри співпроцесора, або регістри MMX. Введено розширені параметри точок зупинки (Breakpoints), такі як угруповання, розширені функції.

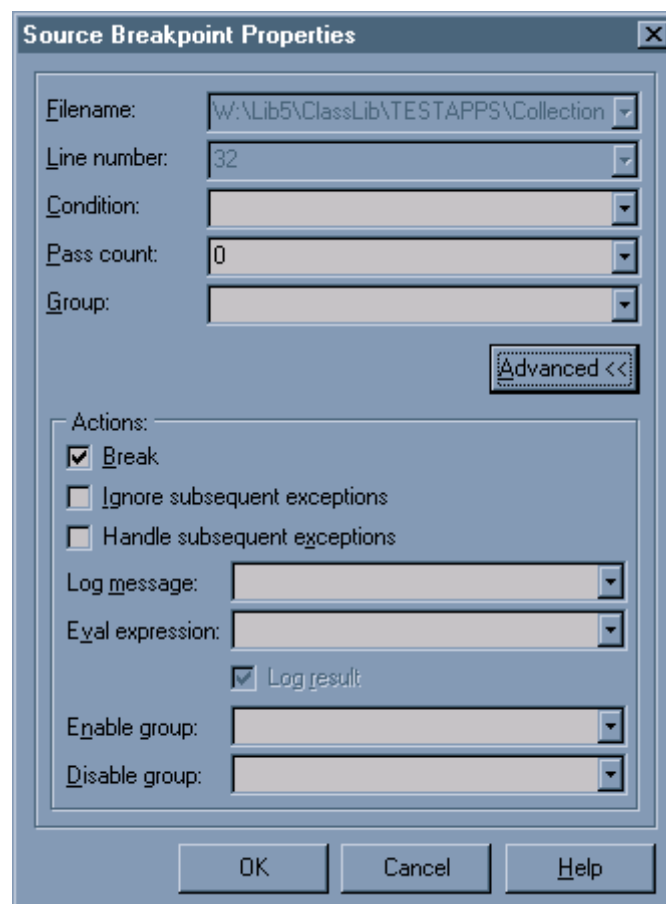


Рисунок 4.6 – Вікно відладчика програм

Так, наприклад, точка зупинки тепер може не зупиняти виконання програми, а чи дозволяти забороняти групу точок зупинки, обчислювати значення і виводити його в Event Log і т.п. Параметри точок зупинки можуть бути швидко переглянуті в редакторі (вони показуються як підказки). Та й самі точки зупинки тепер можуть бути аж чотирьох типів (рисунок 4.7): Source Breakpoint, Address Breakpoint, Data Breakpoint і Module Load Breakpoint.

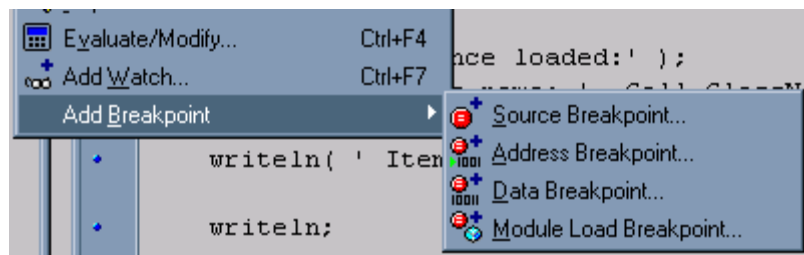


Рисунок 4.7 –Типи точок переривання

Source Breakpoint – це старі точки зупинки, що розставляються у вихідному коді програми. Address Breakpoint – точка зупинки, для якої задається конкретна адреса в коді, і при спрацьовуванні точки зупинки показується це місце у вікні CPU (рисунок 4.8).

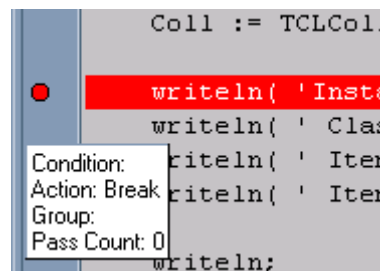


Рисунок 4.8 –Вид точки переривання

Data Breakpoint – це зовсім інший, новий для IDE Delphi, спосіб активізації точки зупинки. Спрацьовування відбувається, коли десь у програмі

виконується модифікація яких – небудь даних. Для цього в параметрах точки зупинки вказується адреса, з якого починаються дані і довжина даних (у байтах), що ця точка зупинки «контролює». Module Load Breakpoint надає ще один спосіб указати точці зупинки, коли вона повинна спрацювати. У даному випадку це відбудеться при завантаженні зовнішнього модуля (DLL, BPL чи якогось іншого).

У режимі налагодження введена підтримка операцій Drag'n'Drop. Зокрема, можна перетягнути вираз з редактора в Watch Window (буде додане вираження для перегляду), можна кинути вираження у вікно CPU (буде знайдене це місце в коді) і т.д.

Діалог Evaluate/Modify і Watch window має кілька додаткових функцій, що допомагають у налагодженні й автоматизують деякі операції. Наприклад, у Evaluate/Modify можна узяти вираз, переслати його в Watch window чи inspector і т.п. У цих вікнах тепер можна також записувати вираження з використанням виклику функцій.

У меню Run доданий пункт Run Until Return, ця команда виконує процедуру доти, поки не зустрінеться поверненню в точку виклику. Також став остаточно видний пункт меню Attach to process (раніш його можна було побачити, тільки установивши недокументований ключ у реєстрі).

Крім того, відладчик дозволяє вести налагодження будь-якого модуля, запущеного з програми.

Дизайнер модулів даних (рисунок 4.9), що з'явився вперше в Delphi 2, зазнав значних змін, а саме – додалося дерево компонентів у стилі CodeExplorer, у якому можна переглядати компоненти (для таблиць, наприклад, видні полючи, визначення полів (FieldDefs), обмеження(Constraints) і т.ін.), а також новим режимом відображення, названим Data Diagram.

У цьому режимі можна редагувати компоненти модуля даних візуально. Наприклад, можна взяти Ttable і TdataSource, потім натиснути кнопку і «намалювати» зв'язок між цими компонентами. У залежності від того, у якому напрямку зв'язок буде «намальовано», відбудеться або установка властивості

DataSet у TdataSource або установка властивості MasterSource у Tdataset. Приблизно також можна визначати Master-Detail відносини між таблицями і т.п. Усе це небагато нагадує процес моделювання даних у системах типу ErWin і йому подібних. Також на діаграму можуть бути додані блоки коментарів. У загальному випадку, режим Data Diagram, корисний і як засіб документування зв'язків між компонентами модуля даних.

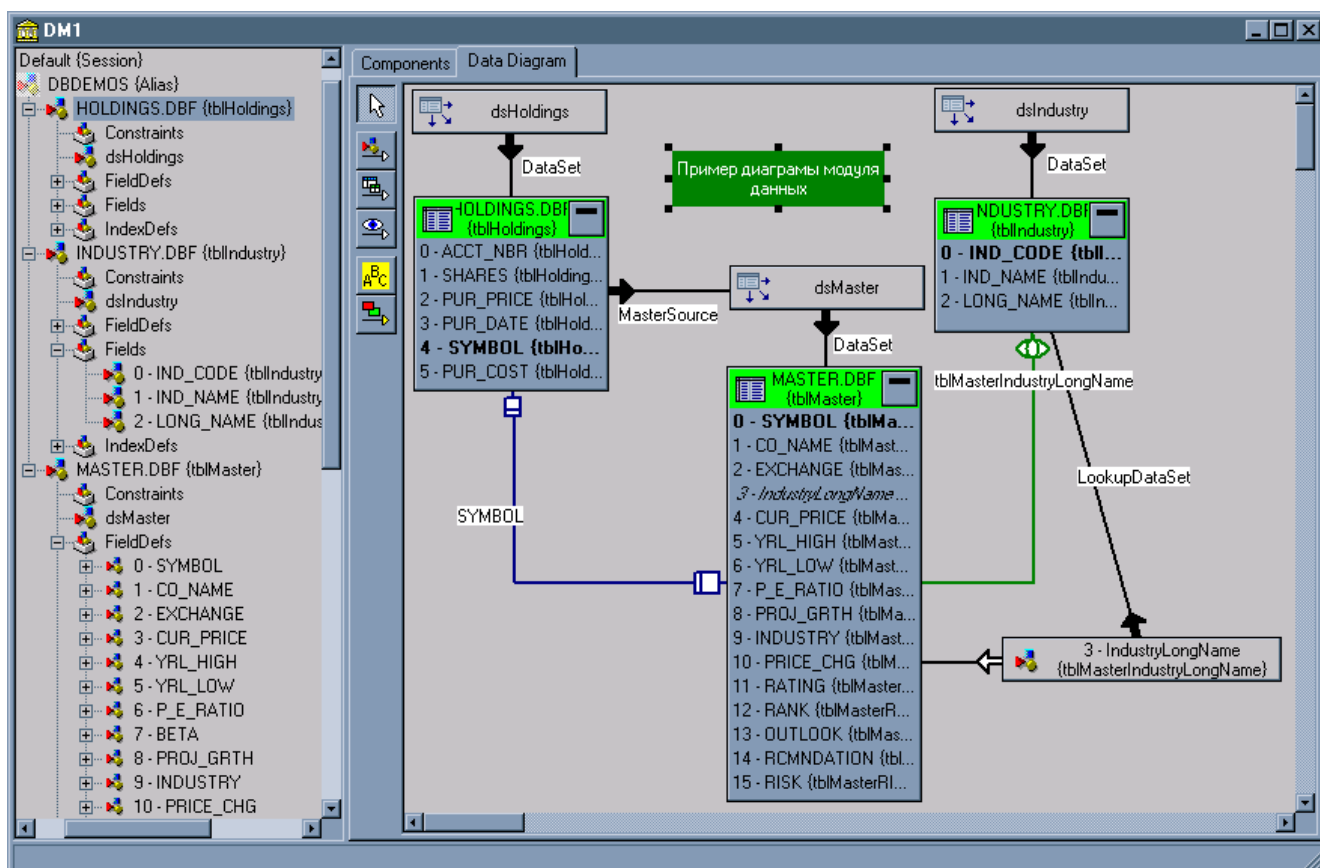


Рисунок 4.9 –Дизайнер модулів даних

Додатково можна також задавати параметри командного рядка.Для IDE Delphi можна задати поведження при старті за допомогою параметрів, переданих у командному рядку.Ці параметри зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри командного рядка IDE

Параметр	Опис
Загальні	
?	Вивід підказки про параметри командного рядка
hm	Включається монітор використання оперативної пам'яті. У заголовку вікна IDE виводиться інформація про виділену пам'ять (кількість блоків і байтів).
Ns	Відключення заставки при старті.
Np	Запуск IDE без спроби завантаження чи створення нового проекту. У цьому режимі Design-time пакети будуть завантажені тільки тоді, коли буде створений новий чи проект відкритий існуючий.
Відладчик	
D exename	Завантажує зазначений файл у режимі налагодження. Усі параметри, зазначені після імені файлу сприймаються як параметри командного рядка для запуску зазначеного файлу, що виконується.
Attach:%1;%2	Використовується для виконання налагодження вже запущеного додатка. Призначено, в основному, для системи Just in Time debugging
td	Включає режим IDE при налагодженні, подібний до Turbo Debugger. Використовується разом з параметром d.
Sddirectories	Вказує отладчику, де шукати вихідні тексти відлагоджуваної програми. Це еквівалент параметрів встановлюваних Project Options Directories/Conditionals.
H hostname	Вказує ім'я комп'ютера при використанні вилученого налагодження. Використовується разом з параметром d.
Редактор	
filename	Завантажує зазначений файл (група проектів, проект і т.п.) у редактор.
Filename	Автоматична компіляція проекту в режимі Build. Використовується разом з параметром filename. Чи проект група проектів завантажується і компілюється при старті IDE. Після цього відбувається автоматичний вихід. Усі повідомлення компілятора (помилки, попередження, підказки) зберігаються в текстовому файлі. Цей режим може бути використаний для пакетної компіляції.
m	Та ж саме, що і b, але компіляція виконується в режимі Make.
o outputfile	Якщо цей параметр зазначений, то в цей файл будуть виведені всі повідомлення компілятора, що виникли при компіляції проекту. Використовується разом з параметром b чи m

В мові програмування ніяких змін не відбулося. Компілятор має версію 13.0, і відповідно визначена змінна компілятора VER130. Істотних змін у VCL (у новій версії Delphi бібліотека має версію 5) небагато. Саме головне з них - введення підтримки фреймів. Фрейми, як і форми є контейнерами для інших компонентів. Головна відмінність фреймів від форм у тім, що фрейми можуть знаходитися в складі форм і інших фреймів. Також фрейм може бути поміщений на палітру компонентів для подальшого використання.

У режимі проектування фрейм схожий на форму, однак предком для фрейму є клас TFrame. Для кожного фрейму створюється модуль і файл форми. Коли фрейм міститься на чи форму в інший фрейм, то в розділі uses з'являється модуль фрейму, а на формі відображається вміст фрейму. При цьому в розділі published з'являється поле з типом, що відповідає типу фрейму. Будь-які властивості компонентів усередині фрейму можуть бути змінені. Також будь-які зміни, внесені у фрейм будуть відображений там, куди фрейм включений.

Для приведенного на рисунку 4.10 приклада, код, генерований IDE виглядає в такий спосіб (модуль Unit2.pas - це той модуль, у якому описаний фрейм TFrame2).

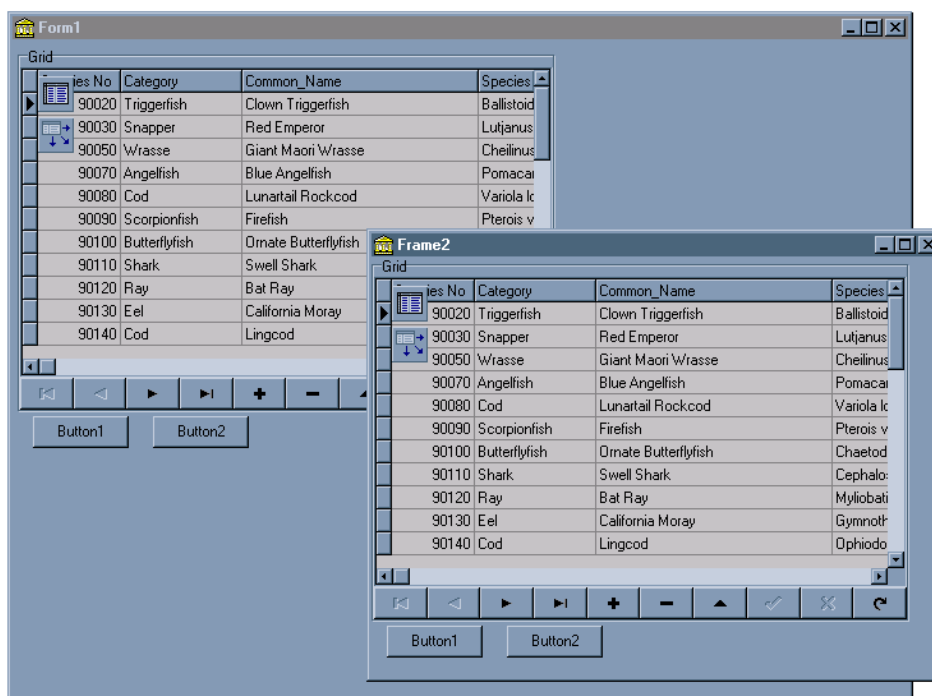


Рисунок 4.10 –Вікно фрейма

uses

Classes,....., Unit2;

type

Tform1 = class(Tform)

Frame21 : TFrame2;

public

end;

Введення використання фреймів - дуже важливе нововведення в VCL, спрямоване на полегшення розробки великих проектів. Крім повторного використання коду, фрейми надають можливість розбивки складних форм на частини, що полегшує не тільки проектування і налагодження проекту, але й у тому числі читабельність коду і т.п.

Далі наведено лише деякі зміни, з тих, котрі відбулися в VCL:

- класи для створення додатків Панелі керування (Control panel applets).
- published - властивість Constraints у компоненті TClientDataSet.
- властивість itemEnabled у компоненті TCheckListBox для індивідуального дозволу/заборони елементів.
- додаткові властивості і методи в елементах керування Win32 (TToolBar, TListView, THeaderControl).
- додаткові оброблювачі для отрисовки в TTreeView, TListView і TToolBar.

-TDatabase дозволяє виконувати SQL запити без використання компонента TQuery. Для цього можна використовувати метод TDatabase.Execute.

-Властивість `AutoRefresh` у наборах даних `BDE`. Якщо властивість встановлена в `true`, то значення за замовчуванням і значення автоінкрементних полів витягаються з набору даних автоматично (без виклику `Refresh`).

-Властивості `BiDiKeyboard` і `NonBiDiKeyboard` у класі `TApplication`.

-Властивість `AutoHotKeys`. Компоненти меню й елементи меню можуть автоматично видаляти конфліктуючі гарячі клавіші (`hotkeys`), додавати гарячі клавіші до елементів меню, їхній не має і т.п.

-Властивість `AutoSnap` у класі `Tsplitter` для розширеного керування поведінкою компонента.

-Властивості `HintFont` і `MenuFont` у класі `TScreen`.

-Нові можливості в компонентах меню: властивість `AutoLineReduction` (для видалення зайвих сепараторів з меню), пошук елементів меню (метод `TMenuItem.Find`), функції для створення роздільників у меню (`insertNewLineAfter`, `insertNewLineBefore`, `NewBottomLine`, `NewTopLine`).

-Новий варіант виклику контекстного меню для компонентів. Для виклику власного контекстного меню можна використовувати оброблювач `OnContextPopup`.

-Властивість `Highlighted` у компоненті `TTabSheet` дозволяє виділяти до декількох сторінок у цьому компоненті.

-Нові контейнерні класи: `TStack`, `TQueue`, `TObjectList`, `TObjectStack`, `TObjectQueue`,

Крім підтримки фреймів, і перерахованих вище змін, бібліотека `VCL` включає деяку кількість нових компонентів. Зокрема включені компоненти для роботи з даними без використання `BDE` - `interbase Express` (для роботи з `iB Database`) і компоненти для роботи з `Active Data Objects (ADO)`. Також у `VCL` тепер присутні спеціальні компоненти для розробки `Web` - додатків (тут використовуються технології `XML`, `Midas` і `Java Script`).

Таблиця 4.2 – Нові компоненти бібліотеки VCL

Компонент	Опис
TapplicationEvents	Компонент для обробки подій об'єкта Application
TwebBrowser	Компонент - оболонка для internet Explorer Active Control
TWebConnection	Призначений для використання в internet -додатках
TADOConnection	Надає з'єднання зі сховищем даних ADO
TADODataSet	Набір даних зі сховища даних ADO
TADOQuery	Запит до джерела даних у ADO
TADOStoredProc	Збережена процедура в базі даних ADO
TADOTable	Працює з таблицями бази даних через ADO
TiBDataSource	Версія TdataSet для роботи з interBase
TiBTable	Таблиця бази даних
TiBQuery	Виконання SQL запитів до бази даних
TiBStoredProc	Виклик збережених процедур
TiBDatabase	Керування з'єднанням із БД interBase
TiBTransaction	Надає контроль над транзакціями
TiBUpdateSQL	Відновлення даних при роботі з CachedUpdates
TiBDataSet	Набір даних БД interBase
TiBDatabaseinfo	Повертає інформацію про базу даних
TiBSQL	Виконання SQL запитів (не підключається до візуальних компонентів для відображення даних)
TiBSQLMonitor	Дозволяє відслідковувати запити, передані на сервер
TiBEvents	Дозволяє програмі реагувати на події, що відбуваються на сервері
TiBBackupService	Дозволяє створювати резервні копії баз даних
TiBConfigService	Налаштування параметрів бази даних
TiBinstall	Призначений для інсталяції компонентів InterBase

TiBInstall	Призначений для інсталяції компонентів InterBase
TiBLicensingService	Конфігурування параметрів ліцензування

Продовження таблиці 4.2

TiBLogService	Створення Log-файлів
TiBRestoreService	Відновлення бази даних з резервної копії
TiBSecurityService	Дозволяє керувати доступом користувачів до сервера interBase
TiBServerProperties	Надає інформацію про сервер баз даних
TiBStatisticalService	Дозволяє переглядати статистику баз даних
TiBUninstall	Призначений для деінсталяції компонентів interbase
TiBValidationService	Розширена робота з транзакціями

4.2 Розробка загального алгоритму програмного забезпечення, розрахунків та їх реалізація в середовищі Delphi

При написанні програмного забезпечення ставилося завдання написати програмний комплекс, що складається з окремих модулів, здатних гнучко адаптувати систему під конкретні завдання та, за необхідності, використовувати незалежно один від одного. змінити налаштування системи.

Тому, в результаті аналізу кількох можливих версій системи, було вирішено включити в систему наступні програмні модулі: перевірка бази даних, доступ до бази даних, запис вібраційних звуків звукової карти, модуль управління обладнанням через пристрій порт LPT, модулятор і контроль рівня запису, автоматична побудова спектру, моніторинг результатів запису, навігація за результатами запису, модуль створення та аналізу частотного спектру. Загальна структура, наведена в додатку А, являє собою набір взаємопов'язаних програмних модулів, з яких чотири основні модулі – модуль для реєстрації вібраційних сигналів, модуль для створення та аналізу

частотного спектру, модуль для введення бази даних і модуль . для перевірки записів бази даних.

Модуль запису вібросигналів через АЦП звукової плати, якщо реалізовувати його в середовищі DOS являє собою громіздку конструкцію команд асемблера, що проводять ініціалізацію АЦП на нижньому рівні, заносючи в регістри звукової плати відповідні значення вибраного каналу запису, частоти дискретизації, розрядності даних, кількості каналів та інші параметри. Це є з одного боку вигідним, оскільки дає змогу програмувати пристрій на фізичному рівні, повністю контролюючи його, але з другого боку це спричиняє труднощі, пов'язані з тим, що звукові карти різних виробників дуже відрізняються внутрішньою конфігурацією та адресами регістрів установок, що практично унеможливорює написання універсального модуля для всіх звукових плат. Проте використання в якості операційної системи платформи Microsoft Windows, незважаючи на її значну нестабільність в порівнянні, наприклад, з платформами на ядрі Unix, дає змогу використовувати інтегровані в систему API-функції для роботи з звуковою платою, які є потужним універсальним інструментом для розробника програмного забезпечення. Такими функціями є `waveInOpen`, `waveInPrepareHeader`, `waveInStart`, `waveInStop`, `waveInUnPrepareHeader`, `waveInClose`. Функція `waveInOpen` в залежності від параметрів, що передаються відкриває звуковий пристрій для перевірки на підтримку вибраного формату запису або, власне для запису. Функція `waveInPrepareHeader` підготовлює в оперативній пам'яті блок для буферу даних, що записуються з звукової плати і пересилає адресу блоку та інші параметри звуковій карті, функції `waveInStart`, `waveInStop` як видно з назви розпочинають та завершують процес запису. Функції `waveInUnPrepareHeader`, `waveInClose` відповідно відкликають записаний фрагмент та закривають пристрій.

Наступний модуль – модуль регулювання та контролю рівня запису також використовує API – функції, що дають доступ до мікшера входів,

конфігурація якого також залежить від конкретної звукової плати. При написанні було використано функції `mixerGetID`, `mixerOpen`, `mixerGetLineInfo`, `mixerGetLineControls`. Перша функція отримує від системи ідентифікатор мікшера для подальшого його використання в якості параметра для наступних функцій. Функція `mixerOpen` відкриває мікшер для доступу з сторони програми. `mixerGetLineInfo`, `mixerGetLineControls` здійснюють пошук в структурі мікшера, заданого входу (наприклад `Microphone`) та його елементів управління (повзунок управління, флажок ввімкнення/вимкнення).

Реалізація інших програмних модулів не вимагає використання ніяких системних API – функцій, за винятком модуля побудови та аналізу частотних спектрів де API – функція `Application.OnMessage` використовується для перехоплення моменту натискання користувачем клавіш.

Особливістю модуля управління апаратною частиною системи автоматизованого діагностування є забезпечення доступу до паралельного порта принтера для формування коду вибраного давача та його ввімкнення/вимкнення. Це було здійснено на рівні процедур з асемблерними вставками, де використовуються команди роботи з портами типу `IN reg,reg` та `OUT reg,reg`. Для обміну даними було вибрано порт `LPT1`, з адресою `#378h` який є наявний більшості комп'ютерів.

Для пришвидшення читання даних та запису даних було використано метод перенаправлення потоків з файлу та в файл за допомогою класу `TFileStream`, який використовується в модулях запису вібросигналів, перегляду результатів запису та автопобудови спектрів.

Розрахунок частотних спектрів побудованих вибірок за допомогою перетворення Фур'є здійснюється за двома методами: класичним та швидким. Класичний метод перетворення Фур'є є більш повільним, оскільки він виконує два вкладені цикли розмірністю N , де N -кількість точок у вибірці, причому в циклі здійснюється обчислення тригонометричних функцій $\sin(x)$ та $\cos(x)$, що також сповільнює процес обробки. Проте класичне перетворення Фур'є дає точніші результати, оскільки він перераховує амплітуду для кожної точки

спектру. Швидке перетворення Фур'є в багато разів пришвидшує процес обробки, оскільки виконується тільки один цикл, однак перед його виконанням дані підлягають перекодуванню за принципом перестановки індексів елементів масиву (власне перестановки бітів один відносно одного, тому швидке перетворення Фур'є здійснюється, як правило, по модулю 2, тобто об'єм вибірки повинен бути цілим степенем двійки), а також перекодуванню обробленої вибірки за зворотним алгоритмом[15, 16, 17]. Проте застосування швидкого перетворення Фур'є дає деяку похибку, яка зменшується з ростом обсягу вибірки. Тому було прийнято рішення застосовувати обидва типи, в залежності від того, чи потрібна більша швидкість чи більша точність в конкретному випадку.

4.3 Загальний опис програми

Програмне забезпечення автоматизованої системи діагностування системи ППТ складається з окремих програмних модулів які об'єднані в один загальний пакет, хоча кожен з них може працювати окремо, незалежно від інших, завантажуючи при потребі необхідні модулі, а саме:

- модуль огляду записів з бази даних (включаючи інформацію про дату останнього запису в кожній точці);
- модуль збору вібраційних шумів з тридцяти-чотирьох контрольних точок через 32 вібродавачі;
- модуль занесення даних в базу даних та побудови схем прив'язки характерних точок до вібродавачів;
- модуль управління апаратною частиною системи через паралельний LPT – порт;
- модуль регулювання та контролю рівня вхідного сигналу
- модуль графічного відображення результатів запису
- модулі навігації по записах бази даних;

- модуль побудови та аналізу спектрів на основі записаних вібраційних шумів з використанням класичного та швидкого перетворення Фур'є.

Основний модуль програми – це форма роботи з базою даних, яка першою завантажується при запуску програми. Оскільки об'єм інформації, що збирається з вібродавачів є досить великим, було прийнято рішення, про те, що найоптимальнішим варіантом ведення бази даних є формування деревовидної структури каталогів з окремим їх описом. Деревовидна структура вигідна також тим, що вона дає змогу вести статистику по кожному новому агрегату, просто задавши нову папку для даних з цього агрегату та додаючи в неї нові записи, які також можна вносити в нові папки, називаючи їх по даті та часу проведення запису вібросигналів.

Користувач має змогу проглядати все дерево бази, переміщуватися по ньому, додавати нові записи, перейменовувати та видаляти записи, передивлятися їх.

Основними складовими частинами модуля є функціональна схема газоперекачуючого агрегата з нанесеними на ній контрольними точками, що міститься з правого боку вікна, дерево каталогів бази даних (в лівій частині вікна) та кнопочна панель для операцій з базою даних (в нижній частині вікна).

Функціональна схема дає можливість візуального вибору та контролю за рівнями вібрацій в характерних точках ЦНА, показаних на схемі синіми точками, причому програма автоматично визначає точки по яких присутні записи вібраційних шумів в поточному каталозі. При натисканні на ліву клавішу миші, коли курсор перебуває над контрольною точкою, ця точка забарвлюється в зелений колір та випадає контекстне меню, в якому користувач вибирає напрям (горизонтальний, вертикальний або повздовжній) запису для даної точки. При переміщенні курсора миші над контрольними точками на панелі, що розміщена внизу функціональної схеми на ній відображається назва контрольної точки, а також дата та час останнього запису в цій точці, що дає змогу користувачу аналізувати точки, інформація з яких

була зібрана найдавніше та відповідно включати їх до схем прив'язки (включаючи інформацію про дату останнього запису в кожній точці).

Панель дерева каталогів дає можливість навігації по базі даних, поділена на дві частини: верхня – відображає дерево каталогів та вибраний поточний каталог, нижня – виводить список файлів, які містяться в даному каталозі.

Кнопочна панель призначена для модифікації, перейменування, групування, видалення записів з бази даних, а також для виклику діалогових вікон властивостей файлу, допомоги по програмі та установок програми.

Панель містить наступні кнопки:

F1 -виклик діалогового вікна допомоги по програмі

F4 - виклик діалогового вікна атрибутів

F6- перейменування запису в базі даних

F7- створення нового каталогу в базі даних

F8- видалення запису з бази даних

F9- вихід з програми

F10- виклик діалогового вікна установок.

Збір вібрисигналів з давачів здійснюється через аналого-цифровий перетворювач звукової карти комп'ютера, тому для цього використовується модуль збору даних, який проводить ініціалізацію звукової карти для початку запису пересилаючи їй в специфічному системному форматі інформацію, що включає частоту дискретизації, розрядність вибірки, кількість каналів та розмір вибірки. Модуль також здійснює підготовку буфера в оперативній пам'яті для даних, що будуть записуватися та веде контроль за станом запису, відображаючи загальний час запису та поточний час та кількість фрагментів.

Модуль занесення записів в базу даних дає користувачу змогу оперативно додавати записи в базу даних з файлів записаних раніше в WAV-форматі та текстовому форматі шляхом вибору точки, до якої потрібно прив'язати цей файл, після чого відкривається вікно модуля побудови спектрів, в якому необхідно натиснувши кнопку “Відкрити” вибрати та відкрити в стандартному Windows діалозі відкриття файлу WAV або TXT файл, далі вибрати канал з

файлу (якщо файл даних є WAV-файлом – то вибирається лівий або правий канал, а якщо файл є текстовим, причому повинна виконуватись умова, що дані записані в три колонки, з яких перша колонка – порядковий номер відліку, друга колонка – перший канал, третя колонка – другий канал, то вибирається або друга або третя колонка). Після вибору каналу автоматично запускається процедура побудови частотного спектру сигналу, виконуючи перетворення Фур'є зчитаної з файлу вибірки. Після проведення перетворення користувач може занести вибірку в базу даних, натиснувши кнопку “Запис в базу”.

Модуль побудови схем прив'язки давачів до контрольних точок був написаний з метою забезпечення гнучкості проведення вимірів на різних агрегатах в різних режимах роботи, оскільки дана система автоматизованого діагностування включає в себе 32 давача, а контрольних точок є 34, причому в кожній точці вібрацію необхідно вимірювати в трьох напрямках – вертикальному, горизонтальному та повздовжньому, тому кількість точок фактично збільшується втричі, становлячи 102 точки. Дану проблему можна частково вирішити, будуючи різні схеми прив'язки давачів до конкретних точок та змінюючи ці схеми в разі потреби. В списку присутні 32 реальних давачі, кожен з яких можна прив'язати до будь-якої точки та напряму, два рази клікнувши лівою клавішою миші по номеру давача або поставивши відмітку в Checkbox навпроти потрібного номера давача, після чого на схемі агрегата з'являться всі контрольні точки, далі потрібно навести курсор на вибрану точку та натиснути ліву клавішу миші і в контекстному меню, що з'явиться вибрати потрібний напрям.

Модуль управління апаратною частиною через LPT – порт призначений для керування апаратним комутатором, розташованим на відстані від комп'ютера. Модуль формує та передає на комутатор сигнали вибору певного давача, його ввімкнення та вимкнення. В правій частині модуля розміщений графічний індикатор ходу процесу збору даних, що показує у вигляді лінії прогрес виконання збору даних, та загальний час та час, що минув від початку збору даних. Флажок “Таймери” дає змогу використовувати системні таймери

комп'ютера при передачі сигналів на велику відстань, де на канал зв'язку можуть діяти завади. Посередині розміщено кнопки початку та зупинки процесу запису вібросигналів, а також поля вводу значень інтервалу збору даних з одного давача та паузи між давачами. Внизу під кнопками розміщено індикатори, що показують номер вибраного та активного в даний момент часу давача в двійковому коді, що є зручним для візуального контролю. В правому нижньому кутку розміщена піктограма, натиснувши на яку можна викликати вікно модуля регулювання та контролю рівня запису вхідних даних.

Модуль регулювання та контролю рівня запису вхідних даних (рисунок 4.9) призначений для задання рівня запису по мікрофонному та лінійному входах звукової карти з точністю до 2^{-16} . Необхідність написання такого модуля виникла внаслідок відсутності в стандартних властивостях Windows функції встановлення рівня сигналу з високою точністю, оскільки недотримання заданого фіксованого рівня сигналу впливає на результат запису, а отже і на спектр, на якому відповідно змінюється величина потужності сигналу. Модуль регулювання та контролю рівня містить два повзунки для мікрофонного та лінійного входу, пересуваючи які можна змінювати рівень сигналу, що показується в полі зліва. В правій частині модуля розміщено кнопки “Відновити” “Показати” “Вихід”. Кнопка “Показати” відкриває при натисканні на неї поля в яких користувач може задати фіксовані значення рівня сигналу для даного каналу встановити які можна, натиснувши на клавішу “Відновити”.

Модуль графічного відображення результатів запису вібросигналів дає змогу після проведення запису вібраційних шумів безпосередньо переглянути їх в часі. Якщо перед початком запису встановити відмітку “Переглядати графік зібраних даних” на закладці модуля побудови тоді після завершення процесу запису програма відкриває вікно, де на графіку можна побачити часову розгортку сигналу.

Модуль навігації по базі даних призначений для перегляду записаних спектрів в вікні аналізатора сигналів та спектру та аналізу змін, що відбулися в

спектрах записаних в різні проміжки часу. Викликати модуль можна, натиснувши на кнопку “Навігатор” в вікні аналізатора спектру. Основну частину вікна модуля займає список файлів, в якому відображаються вибрані файли спектрів. В правій частині вікна містяться кнопки “Проглянути”, “Закрити”, “Відкрити”, “Додати”, “Вгору”, “Вниз”, “Завантажити”, “Зберегти”, “ Вихід ”. Кнопка “Проглянути” дає змогу переглянути поточний файл у списку в вікні аналізатора спектру та сигналу, кнопка “Закрити” закриває поточний файл та видаляє його з списку. Кнопка “Відкрити” викликає діалог відкриття файлу, де користувач має змогу вибрати та додати в список файл з бази даних. Натиснувши на кнопку “Додати” ми можемо додати в список файл, що знаходиться в даний момент в вікні аналізатора спектру. Кнопки “Вгору”, “Вниз” призначені для зміни порядку файлів в списку. Кнопки “Завантажити”, “Зберегти” дають змогу відповідно завантажити з файла або зберегти вміст списку в файл. Таким чином ми можемо, наприклад занести в список файли за тривалий проміжок часу і пересуваючись по списку можемо фіксувати зміни, що відбулися в спектрах.

Нарешті останній, проте найбільш важливий та значимий модуль програмного забезпечення системи – модуль побудови та аналізу спектрів на основі записаних спектрів за допомогою класичного або швидкого перетворення Фур’є. Вхідними даними для модуля служить або щойно записана вибірка, яка передається в програму з модуля автопобудови спектрів або дані зчитані з файлу. Тип перетворення Фур’є (класичне чи швидке) а також розмір вибірки для перетворення, який можна змінювати в межах від $32=2^5$ до $65536=2^{16}$ можна задавати в вікні програми, причому після зміни або типу або розміру перетворення буде автоматично перераховано спектр з відповідними змінами. В правій частині форми міститься інформаційна панель, на якій показуються значення 1, 2, 3, 4 цілих та $1/2$, $2/5$, $1/3$, $1/4$ дробових гармонік сигналу які одночасно є діагностичними ознаками, тому мають важливе значення в процесі діагностування. В режимі огляду часової розгортки сигналу, який можна включити переставивши мітку на панелі, що знаходиться

в верхньому правому кутку вікна. В верхній частині панелі розміщене поле в яке програма автоматично вносить значення частоти першої гармоніки, обчислене як індекс елементу масиву з максимальним значенням амплітуди у спектрі – оскільки, як правило найбільшу потужність у спектрі має перша гармоніка. Якщо ж значення частоти першої гармоніки, що було обчислене автоматично не є вірним, що може статися за сильного впливу завад на канал зв'язку або інших факторів, то можна ввести власне значення частоти в цьому полі, і програма автоматично перерахує частоти та амплітуди інших гармонік відносно нового значення частоти. При необхідності також можна змінити значення частоти інших гармонік, підвівши курсор на значення частоти гармоніки та два рази клікнувши мишою. Після редагування натиснувши комбінацію `Ctrl+Enter` можна вийти з режиму зміни частоти. Під інформаційною панеллю розміщена ще одна панель, на якій користувач може переглядати поточне значення частоти, амплітуди та гармоніки під курсором. На цій же панелі можна поставити відмітки навпроти маркерів, які будуть присутні на графіку спектру. Кнопкою “Всі” можна поставити або зняти відмітки для всіх маркерів одночасно. Якщо поставити відмітку в полі “Прив’язати курсор до миші” то це дає можливість, рухаючи курсор по графіку, одночасно переміщувати маркери. Кнопки “+”, “-” дають можливість масштабувати графік, відповідно збільшуючи та зменшуючи масштаб. Кнопки “Менше”, “Більше” дають змогу змінювати значення частоти, при натисканні на кнопку “Клавіатура” можна вмикати/вимикати режим так званих “гарячих клавіш”, які спрощують керування програмою, так, наприклад, щоб збільшити значення частоти, потрібно натиснути клавішу “вправо”, щоб зменшити - клавішу “вліво” на клавіатурі і т.д. Клавіша “Параметри” викликає діалогове вікно параметрів програми, в якому користувач може задати такі параметри:

- Частота дискретизації, Гц – частота квантування при запису
- Відображати до частоти, Гц – до якої частоти будувати спектр
- Коефіцієнт масштабування – масштаб графіка спектру

- Кількість точок у вибірці – обсяг вибірки
- Кількість значень гармонік – число гармонічних складових на панелі спектроаналізатора
- Показувати інформацію про WAV-файл – відображати чи ні дані про запис сигналів
- Прив’язка до миші – переміщувати чи ні маркер на графіку вслід за курсором миші
- Прив’язка до клавіатури – ввімкнути/вимкнути гарячі клавіші
- Частота – показати/прибрати маркер частоти під курсором
- Амплітуда – показати/прибрати маркер амплітуди під курсором
- Гармоніка – показати/прибрати маркер гармоніки під курсором
- Інтервал читання даних з давача, сек – тривалість інтервалу збору даних
- Довжина паузи, сек – тривалість паузи між сусідніми давачами
- Відображати графік результатів читання – показувати чи ні графік результатів запису
- Завантажувати схему давачів з файлу – при запуску програми можна одразу ж завантажувати схему прив’язки давачів до контрольних точок
- Використовувати таймери – перемикач режимів роботи багатоканального комутатора.
- Відображати регулятори рівня – показувати діалогове вікно модуля регулювання та контролю рівня при запису
- Рівень запису з мікрофона – число від 0 до 65535, яке визначає рівень сигналу з мікрофона.
- Рівень запису з лінійного входу – число від 0 до 65535, яке визначає рівень сигналу з лінійного входу.

Для пересування по поточній папці бази даних служить панель, що показана на рисунку 4.13, на якій розміщені клавіші переходу по файлам “<< На початок”, “< Попередній”, “> Наступний”, “>> В кінець”. Також в

відповідних полях відображаються поточний файл та загальна кількість файлів в папці.

Над цією панеллю містяться кнопки “Друк”, “Запис”, “Відкрити”, “Перезаписати”. Кнопка “Друк” дає можливість користувачу надрукувати графік на принтері (якщо в системі встановлено принтер), кнопка “Запис” дає змогу записати графік спектру в BMP-файл. Кнопка “Відкрити” дає змогу відкрити файл з даними, кнопка “Перезаписати” або “Запис в базу” в залежності від режиму роботи дає змогу здійснити перезапис файла відкритого з бази даних або записати новий файл в базу даних.

4.4 Модуль виконання запису вібраційних шумів. Функція Begin_rec

Даний модуль забезпечує виконання запису вібросигналів безпосередньо з звукової плати. Виконаний як окрема форма, яка з’являється на екрані під час інтервалу запису даних з вибраного давача. Модуль дає змогу також спостерігати за ходом виконання процесу, виводячи на екран статистику записаних фрагментів. Розглянемо функцію Begin_rec. Параметри, що задаються в функції – це ім’я файлу, в який записуватимься дані (Result_name) та час запису(RecTime) в секундах. Спочатку обнулюється лічильник записаних фрагментів in_count, далі розраховується необхідна кількість фрагментів, що залежить від часу запису та середньої кількості байтів за секунду, яка залежить від частоти дискретизації та інших параметрів. Одному фрагменту відповідає один сегмент оперативної пам’яті (64 Кбайт). Далі створюється потік, що асоціюється з файлом результату та починається процес запису.

```
procedure TForm_record.Begin_rec(Result_name:string;RecTime:integer);  
var i:Word;  
begin  
in_count:=0;
```

```

rec_count:=1+Trunc(RecTime*WaveFormatExtended^.nAvgBytesPerSec/(MemBlockLength{*2}));
File_s:= TFileStream.Create(Result_name, fmCreate);
Label_block_count.Caption:='Фрагмент 0 / '+inttostr(rec_count);
Image1.Visible:=true; Timer1.Enabled:=true;
Begin_time:=now;
label_time.caption:='Recording...';
Send_Block;
if      waveInStart(HwaveIn^)<>0      then      application.messagebox('start
error','Error',mb_ok);
end;

```

4.5 Модуль управління апаратною частиною. Функція Port_out

Здійснює управління апаратною частиною пристрою. Виконаний як панель на головній формі програми. Доступ до порту LPT здійснюється за допомогою асемблерних вставок в тілі функції Port_out, параметр, що задається – байт на передачу. Спочатку адреса порта заноситься в регістр DX, далі в регістр AL заноситься байт, що передається. Командою OUT DX, AL дані видаються в порт.

```

procedure TForm1.Port_out(instr:byte);
begin
asm
mov dx,378h
mov al,instr
out dx,al
end;
end;.

```

4.6 Модуль побудови схем прив'язки. Функції `exec_change` та `exec_change_dir`

Служить для прив'язки реальних 32 давачів до 34 контрольних точок та 3 напрямів. Виконаний у вигляді панелі, яка з'являється внизу головної форми програми при переході в режим зчитування даних. Нижче наведені процедури `exec_change` та `exec_change_dir`, що змінюють точку та напрям. Масив `extension_arr` – значення напрямків, `sens_point` – вибрана точка.

```
procedure TForm1.exec_change;    {for point}
begin
  t_str_exch:=sens_box.Items.Strings[sens_selected];
  Delete(t_str_exch,12+correct,14+16);
  Insert('_____ '+' ----- '+'точка '+sens_point,t_str_exch,12+correct);
  edit2.text:=t_str_exch;
  if strtoint(sens_point)>9 then extension_arr[sens_selected+1]:=sens_point
  else extension_arr[sens_selected+1]:='0'+inttostr(strtoint(sens_point));
end;
```

```
procedure TForm1.exec_change_dir;  {for direction}
begin
  t_str_exch:=edit2.text;
  Delete(t_str_exch,12+correct,14);
  Insert(sens_direct,t_str_exch,12+correct);
  edit2.text:=t_str_exch;
  if sens_direct=dir_strings[1]
  then extension_arr[sens_selected+1]:=extension_arr[sens_selected+1]+'h';
  if sens_direct=dir_strings[2]
```

```

then extension_arr[sens_selected+1]:=extension_arr[sens_selected+1]+'v';
if sens_direct=dir_strings[3]
then extension_arr[sens_selected+1]:=extension_arr[sens_selected+1]+'p';
sens_box.Items.Strings[sens_selected]:=t_str_exch;
dont_change;
sens_box.Checked[sens_selected]:=true;
end;

```

4.7 Блок роботи з базою даних (огляд, поповнення). Функція file_search

Призначений для ведення бази даних записів. Виконаний як окрема форма, яка є головною формою програми. Розглянемо для прикладу функцію пошуку записів в поточному каталозі дерева бази даних file_search. Спочатку проводиться очистка списку файлів попереднього каталогу, та викликається функція пошуку першого файлу FindFirst, згідно заданої маски пошуку. В разі відсутності файлів, що відповідають критерію пошуку відбувається вихід з процедури, інакше викликається функція пошуку наступного файлу даного типу FindNext стільки, скільки є відповідних файлів в поточній папці. Імена файлів виводяться в список.

```

procedure TForm1.file_search(path_to:string ; ext:string);
begin
Listbox1.Clear;
if FindFirst(path_to+'\' +ext, 63 , sr) = 0 then
begin
if sr.Attr<>16 then Listbox1.Items.Add(sr.name);
sf:=sr.Name;
sf1:=copy(sf,Length(sf)-2,2);

```

```

    val(sf1,ct,cde);
    if Cde = 0 then hasfile(ct);
    while FindNext(sr) = 0 do
    begin
        if sr.Attr<>16 then Listbox1.Items.Add(sr.name);
        sf:=sr.Name;
        sf1:=copy(sf,Length(sf)-2,2);
        val(sf1,ct,cde);
        if Cde = 0 then hasfile(ct);
    end;
    FindClose(sr);
end;
end;

```

4.8 Модуль побудови частотних спектрів. Функція Fourier_normal

Призначений для побудови, виводу на екран та аналізу частотних спектрів записаних вибірок. Виконаний як окрема форма. Розглянемо функцію класичного перетворення Фур'є - Fourier_normal. Змінні в програмі: у – масив вибірки, f – масив спектру, s_cos, s_sin – часткові суми дійсної та уявної складових частин, u_point – об'єм вибірки. Виконуються два вкладені цикли, зовнішній цикл – перебір індексів масиву спектру, внутрішній накопичення значення амплітуди для поточного елемента спектру. Для зменшення обсягу обчислень розрахунок проводиться лише до N/2 точок, оскільки друга половина спектру є дзеркальним відображенням першої.

```

procedure TFormFour.Fourier_normal;
var s_cos,s_sin:real;
    m,n:integer;
begin

```

```

for n:=0 to (y_point div 2-1) do
    begin
        s_cos:=0;
        s_sin:=0;
        for m:=0 to y_point-1 do
            begin
                s_cos:=s_cos+y[m]*cos((6.28318530717958647692*n/y_point)*m);
                s_sin:=s_sin+y[m]*sin((6.28318530717958647692*n/y_point)*m);
            end;
            f[n]:=(1/y_point)*sqrt(s_cos*s_cos+s_sin*s_sin);
            if f[n]>max_y then begin max_y:=f[n]; ind:=n; end;
            gauge1.progress:=round(100*n/((y_point div 2)-1));
        end; {end of fourier}
    end;
end;

```

4.9 Блок графічного відображення результатів запису

Призначений для візуального контролю вибірок, які були записані через модуль збору вібросигналів. Виконаний як окрема форма, що викликається або автоматично, якщо встановлений флажок “Переглядати графік зібраних даних” на панелі модуля побудови схем прив’язки або натиснувши на кнопку “Графік” на інформаційній панелі, що розміщена під схемою ЦНА.

4.10 Блок автоматичної побудови частотних спектрів

Був написаний для побудови в автоматичному режимі частотних спектрів вибірок, які були записані через модуль збору вібросигналів. Виконаний як окрема форма, що викликається або автоматично, якщо встановлений флажок “Будувати спектри після завершення збору даних або” на формі установок

або натиснувши на кнопку “Спектри” на інформаційній панелі, розміщеній внизу під схемою ЦНА.

4.11 Модуль навігації по базі даних

Призначений для занесення в список файлів вибірок та перегляду їх. Метою написання є те можливість занесення, наприклад, вибірок за деякий проміжок часу та оцінка змін в спектрах за цей час. Виконаний як окрема форма, що викликається кнопкою “Навігатор” на формі модуля побудови та аналізу частотних спектрів.

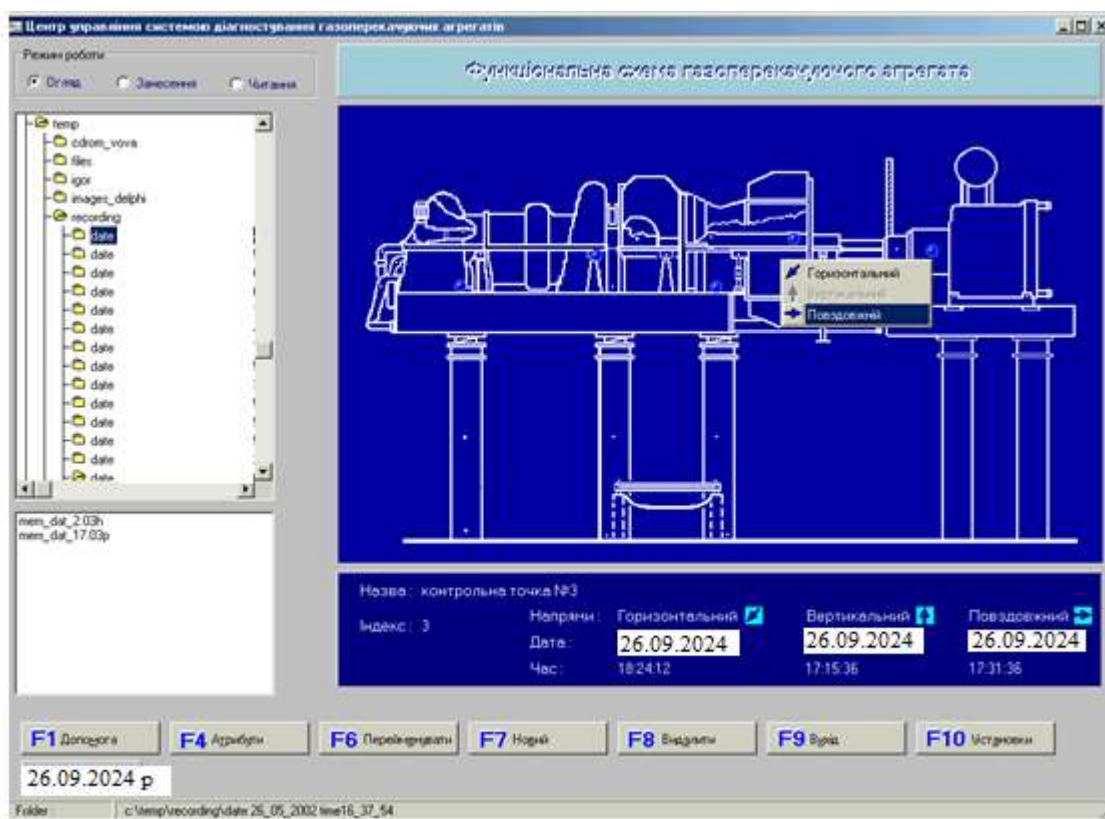


Рисунок 4.11 – Зовнішній вигляд головної форми модуля роботи з базою даних

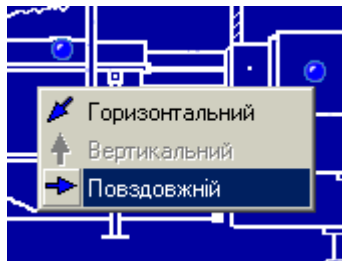


Рисунок 4.12 – Контекстне меню вибору напрямку збору даних

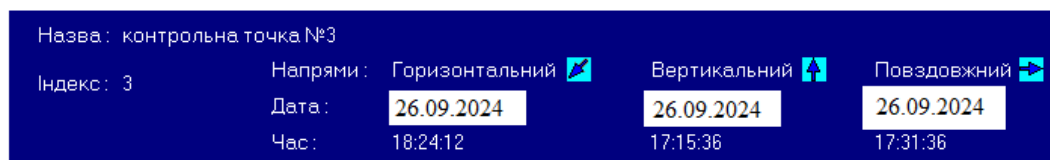


Рисунок 4.13 – Інформаційна панель бази даних системи



Рисунок 4.14 – Кнопочна панель бази даних системи

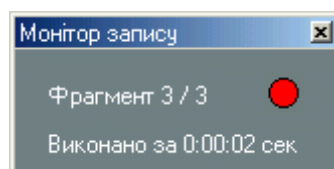


Рисунок 4.15 – Монітор запису даних з вібродавачів

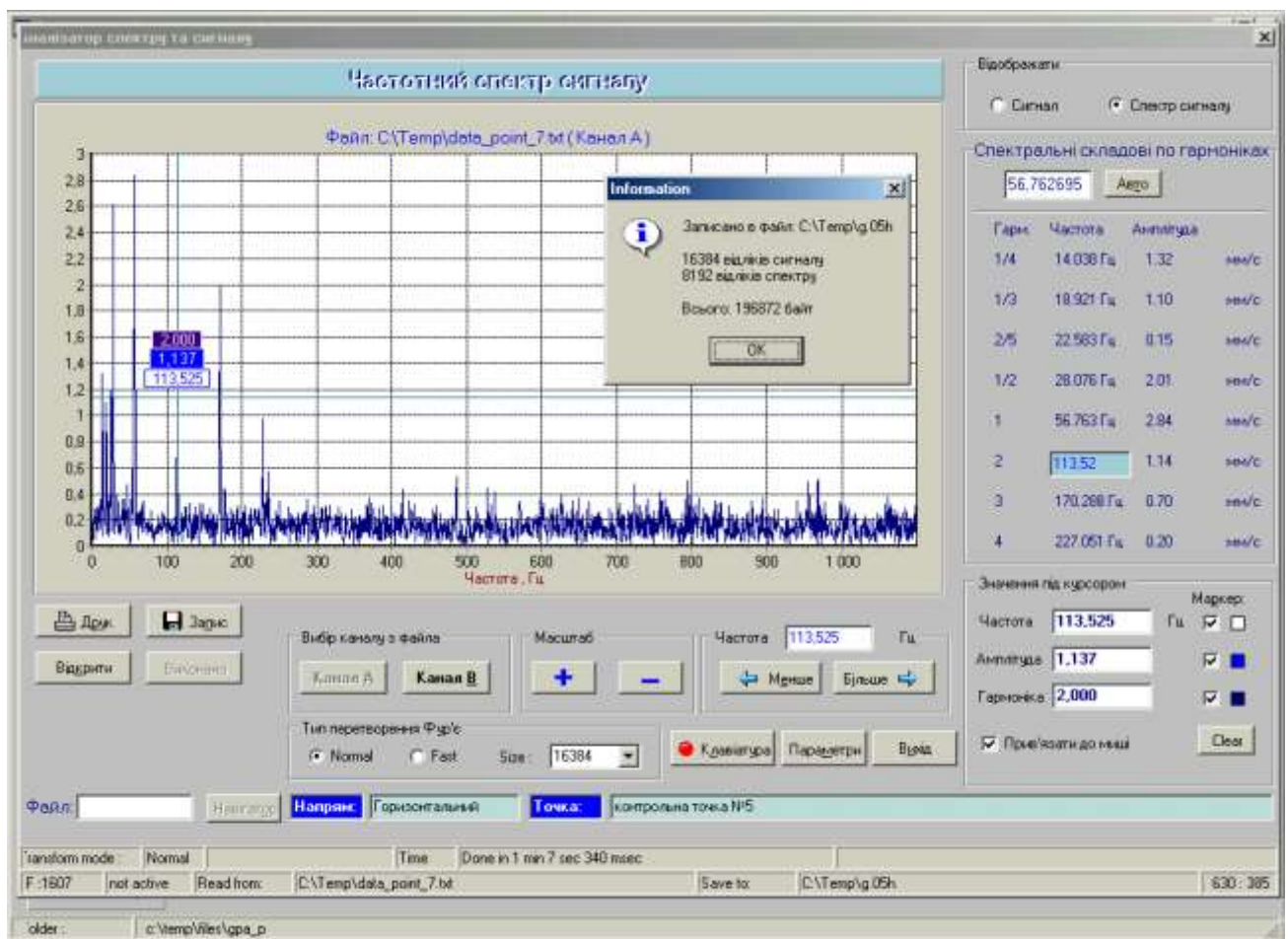


Рисунок 4.16 –Зовнішній вигляд модуля занесення записів
в базу даних

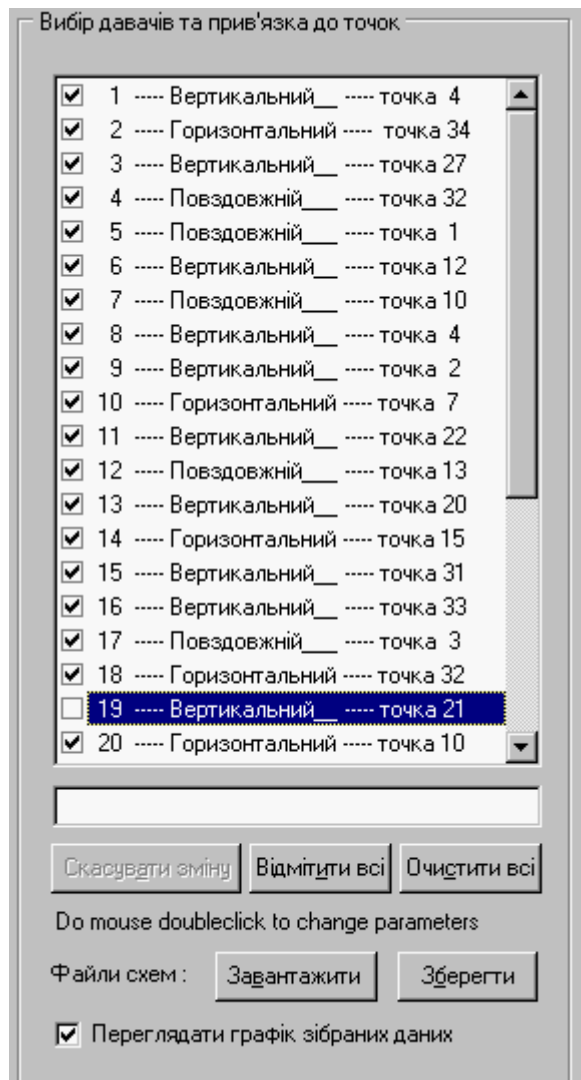


Рисунок 4.17 –Зовнішній вигляд модуля побудови схем прив'язки



Рисунок 4.18 –Зовнішній вигляд модуля управління апаратною частиною системи через LPT – порт



Рисунок 4.19 –Зовнішній вигляд модуля контролю та регулювання рівня запису вібросигналів

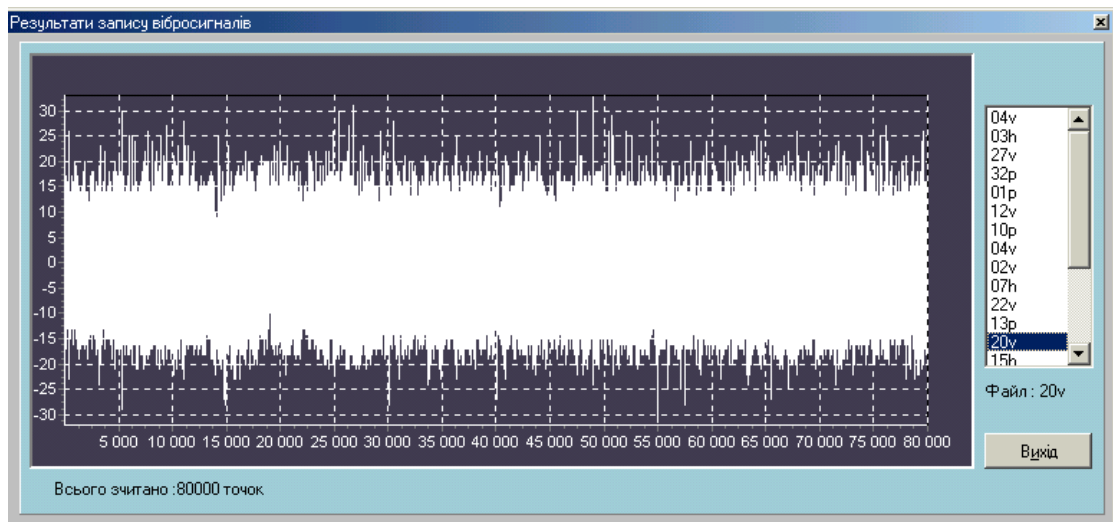


Рисунок 4.20 –Зовнішній вигляд модуля перегляду результатів запису

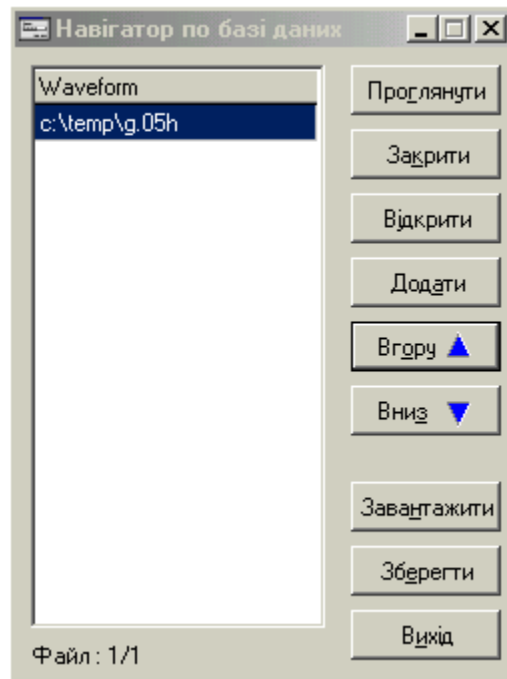


Рисунок 4.21 –Зовнішній вигляд модуля навігації по базі даних

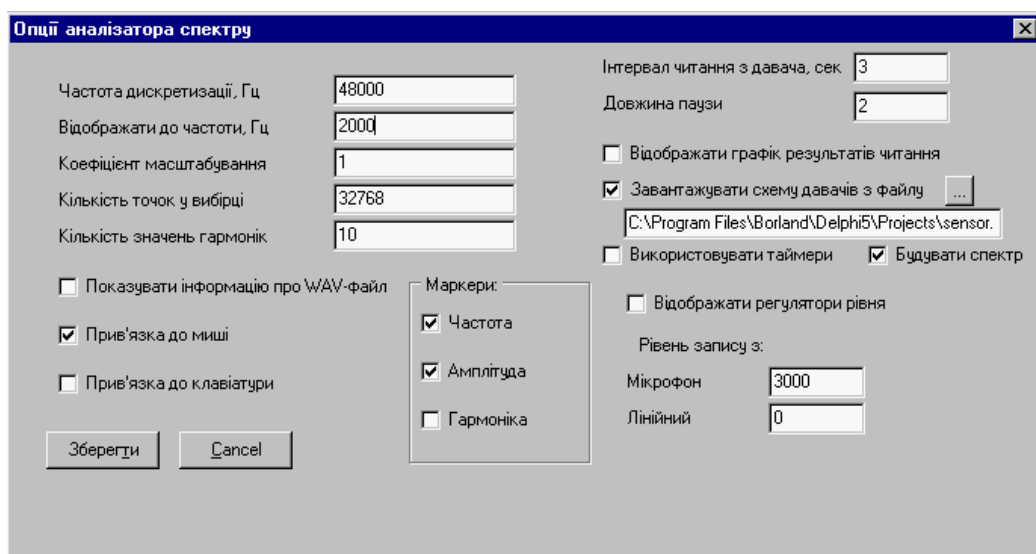


Рисунок 4.22 –Форма системних установок



Рисунок 4.23 –Панель навігації по файлах в поточному каталозі

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок надійності програмного забезпечення

Надійність програмного забезпечення (ПЗ) визначається як здатність системи виконувати свої функції без відмов протягом певного часу, а також можливістю швидкого відновлення в разі збою. Важливими аспектами тут є випадковий характер помилок та різноманіття комбінацій вхідних даних, що можуть їх викликати. Ці аспекти дозволяють аналізувати помилки програмного забезпечення подібно до того, як ми аналізуємо апаратні відкази.

Помилки в ПЗ можуть виникати через:

- Логічні помилки в проекті.
- Неправильне кодування.
- Помилки при інтеграції різних компонентів.

Повна перевірка програми на наявність помилок можливе лише після її інтеграції, що може бути затратним по часу та ресурсам. Використання раніше написаних блоків також ускладнює процес вдосконалення.

Класифікація програм за складністю:

1. Прості програми: Зазвичай, програми для елементарних функцій, що містять менше ста команд, які ретельно перевіряються.
2. Складні програми: Програми реального часу, що реалізовані на мультипроцесорних системах та містять сотні тисяч команд, де неможлива повна перевірка. Помилки часто виявляються лише при роботі з специфічними вхідними даними.

Випадковий характер помилок у ПЗ дозволяє застосовувати методи аналізу надійності, подібні до тих, що використовуються для апаратних відказів. Проте помилки в ПЗ мають свої особливості, що зумовило необхідність розробки окремих методів аналізу.

Для розрахунку надійності програм використовується математичний апарат теорії надійності. Відмови програм можна розглядати як події, що ведуть до некоректної роботи або зупинки системи. Після виявлення відказу програмісти повинні здійснити пошук і локалізацію помилок, щоб вдосконалити систему.

На сьогодні немає єдиних стандартів для розрахунку надійності ПЗ, тому застосовуються експериментально-аналітичні методи, що базуються на результатах тестувань програм.

Одна з найпростіших моделей, що використовується для прогнозування надійності ПЗ, — модель Шумана. Вона ґрунтується на даних про кількість виправлених помилок під час тестування:

1. Число команд у програмі вважається сталим.
2. Вимогу про зниження кількості помилок під час тестування приймають на початку, коли нові помилки не вводяться.

Відносне число виправлених помилок—характеризується формулою:

$$r_u(T) = R_u(T) / N, \quad (5.1)$$

та їх зміна в часі характеризує число залишених помилок

$$r(T) = [R_0 - R_u(t)] / N \quad (5.2)$$

і інтенсивність їх виникнення

$$\lambda[T] = k_s \cdot r(T), \quad (5.3)$$

де k_s - коефіцієнт пропорційності.

В ході експлуатації програм

$$P(t) = e^{-\int_0^t k_s \cdot r(t) dt} \quad (5.4)$$

і буде не нижче

$$P(t) = e^{-k_s \cdot r(T)t}, \quad (5.5)$$

так як $r(t) < r(0) = r(T)$.

Коефіцієнти k_s і $r(T)$ розраховують за результатами двох інтервалів випробувань. Зокрема, початкове напрацювання на відмову ПЗ при випробуваннях

$$T_0 = 1 / \lambda(T_0) = N / (k_s \cdot R_0), \quad (5.6)$$

звідки $R_0 \cdot k_s = N / T_0$. Знаючи число відмову, що передували наступному напрацюванню, знаходимо

$$T_1 = \frac{1}{\lambda(T_1)} = \frac{1}{k_s [R_0 / N - r_u(T_1)]} \quad (5.7)$$

отримуємо

$$k_s = \frac{T_1 - T_0}{T_0 T_1 r_u(T_1)}. \quad (5.8)$$

Тоді при числі команд в програмі $N=53000$, початковому числі помилок $R_0=12$, початковому напрацюванню на відказ $T_0=2$ год, другому напрацюванню на відказ $T_1=5$ год, інтенсивності виправлення помилок $R_u(T)=12/(1+T)$ за (7.1) отримаємо

$$k_s = \frac{T_1 - T_0}{T_0 T_1 r_u(T_1)} = \frac{5 - 2}{2 \cdot 5 \cdot 0.0000377} = 7950, \quad (5.9)$$

звідси інтенсивність виникнення помилок

$$\lambda[T] = k_s r(T) = k_s [R_0 - R_u(T)] / N = 0.15 \cdot [12 - \frac{12}{1+T}]. \quad (5.10)$$

На рисунку 5.1 зображено графік залежності $\lambda[T]$.

Підставивши в (5.5) формулу (5.3) побудуємо графік ймовірності виникнення помилки, наведений на рисунку 5.2.

З наведених вище розрахунків видно, що з підвищенням тривалості випробувань росте наступне напрацювання на відмову ПП. Відомо, що, як і при апаратних випробуваннях, програма випробувань, вхідні дані повинні забезпечувати високий процент виявлення помилок.

З розрахунку показників надійності ПП видно, що з даним розрахунком виникають значні труднощі, тому більш змістовні дані можуть бути отримані лише при експлуатації спроектованої інформаційної системи.

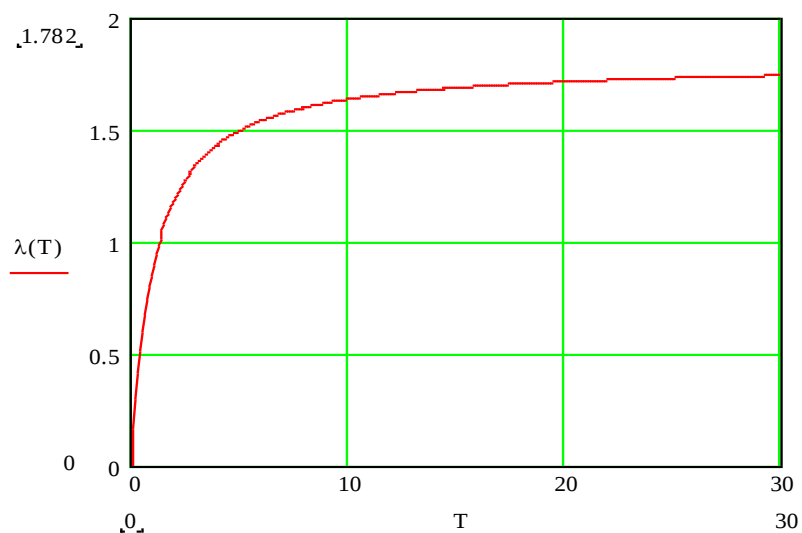


Рисунок 5.1 – Графік залежності $\lambda[T]$

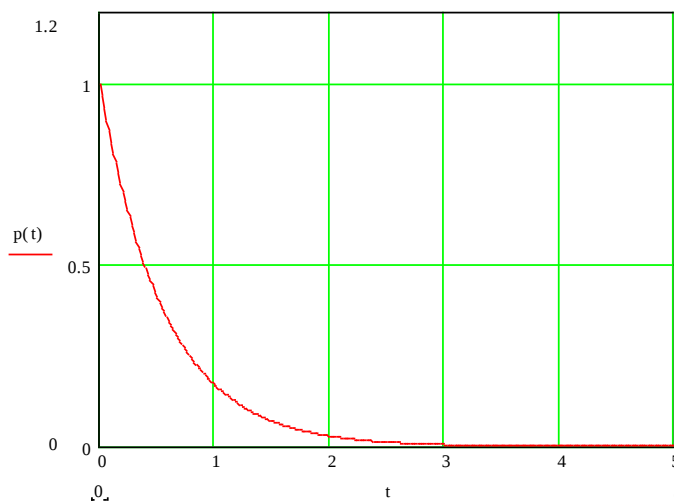


Рисунок 5.2 – Графік ймовірності виникнення помилки

6 БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ, ОХОРОНА ПРАЦІ

1.1 Охорона праці

6.1.1 Аналіз шкідливих факторів та потенційних небезпек в обчислювальному центрі

Основним потенційним джерелом небезпеки для людини в ОЦ є електричні установки, до яких відноситься практично все обладнання ЕОМ, так як в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт людина може торкатись частин установок, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок в ОЦ: провідники під струмом, корпуси стійок ЕОМ та іншого обладнання, що знаходиться під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції не подають ніяких сигналів, що попереджають людину про небезпеку [24, 42]. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні його через тіло людини [18, 19]. Виключно велике значення для попередження електротравматизму має правильна організація обслуговування діючих електроустановок ОЦ, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється суворе виконання ряду організаційних і технічних заходів, встановлених діючими “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів”. В залежності від категорії приміщення необхідно прийняти деякі заходи, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електрообладнання. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники повинні бути виконані з подвійною ізоляцією або їх напруга живлення не повинна перевищувати 42 В. В ОЦ до таких приміщень можуть бути віднесені приміщення машинного залу, приміщення для розміщення сервісної і периферійної апаратури. В особливо небезпечних приміщеннях напруга живлення переносних світильників не

повинно перевищувати 12 В, а робота з електротранспортуємою напругою не вище 42 В дозволяється тільки із застосуванням засобів індивідуального захисту (діелектричних рукавиць, ковриків і т.п.). Роботи без зняття напруги на струмоведучих частинах і поблизу них, роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах або при наближенні до них на відстань менше встановленого ПУЕ. До цих робіт можна віднести роботи по наладці окремих вузлів, блоків. При виконанні такого роду робіт в електроустановках до 1000 В необхідно застосування визначених технічних і організаційних заходів, таких як: загородження, розташовані поблизу робочого місця та інших струмоведучих частин, до яких можливе випадкове доторкання; робота в діелектричних рукавицях або стоячи на діелектричному коврику; застосування інструменту з ізолюючими ручками, при відсутності такого інструменту потрібно користуватися діелектричними рукавицями. Роботи цього виду повинні виконуватись не менше ніж двома робітниками.

В ОЦ розрядні струми статичної електрики частіше за все виникають при торканні до будь-якого з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але крім неприємних відчуттів вони можуть призвести до виходу з ладу ЕОМ. Для зниження величини виникаючих зарядів статичної електрики в ОЦ покриття технологічних підлог потрібно виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. В промисловості широко застосовуються радіоактивні нейтралізатори. До загальних заходів захисту від статичної електрики в ОЦ можна віднести загальне і місцеве зволоження повітря .

Наступним за ступенем впливу на людський організм є фактор освітлення. Недостатнє або надто сильне освітлення впливає на органи зору, призводить до втоми очей, їх напруження що, в свою чергу, викликає загальну втому працюючих. Можна стверджувати, що цей фактор є основним при аналізі зорової роботи, до якої відноситься робота за комп'ютером. Велику роль також відіграє розміщення робочих місць по відношенню до джерел природного

освітлення - вікон. Приміщення з ЕОМ слід розміщувати з вікнами на північ або захід, а самі відеотермінали так, щоби не створювати бліків на моніторах, які впливають на ступінь розрізнення текстово-графічної інформації. Отже, наведені вище фактори є основними при роботі в ОЦ, і саме їх впливом можна пояснити причини виникнення скарг користувачів ЕОМ (таблиця 6.1) і професійних захворювань.

Таблиця 6.1 - Характеристика скарг користувачів ЕОМ, що працюють з ЕПТ, порівняно з контрольною групою

Симптоми втоми	Проценти від кількості досліджуваних			
	Користувачі ВДТ			Мікромонтажники
	інженери-програмісти	оператори	учні	
Загальна втома	29.4	22.2	38	97
Млявість	17.6	18.5	7.7	43
Сонливість	11.8	7.4	11.5	0
Головний біль	17.6	18.5	15.4	54
Важкість у голові	11.8	11.1	3.8	51
Втома м'язів рук	5.8	14.8	15.4	36
Різь в очах	58.8	37	7.7	67
Розпливчатість меж	35.3	55.5	19.2	4
Сумарно-очні симптоми	94.1	92.6	26.9	71

Третім фактором є виробничий шум. В умовах навчального закладу при відсутності роботи машин і механізмів, що є джерелами шуму, зазвичай рівень шуму і вібрацій є в нормі.

6.1.2 Забезпечення нормальних та безпечних умов праці. Розрахунок освітленості.

Для створення нормальних умов зорової роботи необхідно забезпечити освітленість більшу, ніж мінімально допустимі норми. Нижче наводиться розрахунок освітленості, що створює нормальні умови праці для лабораторії в залежності від розряду зорової роботи.

Розрахунок електричного освітлення виробничих приміщень передбачає такі етапи:

- вибір виду і системи освітлення;
- вибір джерела світла і світильників;
- розміщення і встановлення світильників;
- світлотехнічний розрахунок.

При виборі виду і системи освітлення спочатку треба вибрати тип освітлення. Існує два типа освітлення – загальний та комбінований (до загального освітлення додається місцеве освітлення робочих місць) .

Систему загального освітлення застосовують для освітлення всього приміщення, в тому числі і робочих поверхонь. Загальне освітлення може здійснюватись двома способами: з рівномірним і нерівномірним розміщенням світильників у приміщенні.

Оскільки в нашому приміщенні технологічне устаткування розміщене нерівномірно, то вибираємо загальне рівномірне освітлення.

Як вже було сказано вище, завдяки своїй високій світловій віддачі, а також достатньо хорошій кольоропередачі, в якості джерела світла вибираємо люмінесцентні лампи.

При розміщенні світильників краще розташовувати їх правильними симетричними рядами, створюючи при цьому відносно рівномірну освітленість по всій площі. Світильники з люмінесцентними лампами бажано розміщувати рядами, паралельно до стін з вікнами.

Тепер проведемо розрахунок освітлення по контролю газових балонів високого тиску.

Розміри приміщення:

довжина $a=12$ м

ширина $b=5$ м

висота $h=2.7$ м

Розрахункова площа знаходиться на висоті 0.8 м.

Ряди кососвітних світильників ЛСПО2 з двома люмінесцентними лампами типу ЛБ ($n_L=2$) в кожному світильнику. Встановлені на висоті $h_p=2.5$ м. Для забезпечення нормальних умов праці на робочому місці необхідно забезпечити на робочих місцях освітленість $E_{\text{норм}}=300\text{лк}$. Коефіцієнт запасу для люмінесцентних ламп приймаємо $k=1.3$.

Коефіцієнт відбиття розрахункової поверхні $\rho_p=10\%$, стін $\rho_c=30\%$, стелі $\rho_n=50\%$.

Рекомендований освітлювач в поперечній площині має криву розподілу типу Д, тобто косинусний розподіл. Тому відстань між світильниками слід взяти $\lambda=1.4$.

Відстань між рядами світильників знаходиться за наступною формулою:

$$L = h_p \cdot \lambda, \quad (6.1)$$

де h_p – розрахункова висота

$$L = 2.9 \cdot 1.4 = 4.06 \quad (\text{м})$$

З невеликим відхиленням вважаємо $L=4\text{м}$, що суттєво полегшить виготовлення установки.

Число рядів світильників дорівнює:

$$n' = \frac{b}{L}, \quad (6.2)$$
$$n' = \frac{8}{4} = 2$$

Визначаємо відстань від крайнього ряду світильників до стіни:

$$L_c = \frac{(8 - 4 \cdot 1)}{2} = 2 \quad (\text{м}).$$

Подальші розрахунки проводимо за методом коефіцієнта використання. Цей метод дає змогу визначити світловий потік ламп, необхідний для створення нормованої освітленості з врахуванням світла, відбитого стінами і стелею приміщення.

Світловий потік ламп у кожному світильнику, необхідний для створення заданої нормованої освітленості дорівнює, лм;

$$\Phi = \frac{(E \cdot S \cdot k_3 \cdot z)}{N \cdot \eta} \quad (6.3)$$

де E – мінімальна нормована освітленість, лк; S – площа освітлювального приміщення або поверхні, m^2 ; k_3 – коефіцієнт запасу; z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, що характеризує відношення середньої освітленості до мінімальної; N – кількість світильників; η – коефіцієнт використання світлового потоку джерела світла.

Коефіцієнт використання світлового потоку η є складною функцією багатьох змінних; при розрахунку його визначають за таблицями з урахуванням типу світильника, коефіцієнтів відбиття стін ρ_c , підлоги ρ_p , та індексу приміщення.

$$i = \frac{S}{h \cdot (a + b)} \quad (6.4)$$

де S – площа приміщення, m^2 ; h – висота підвісу світильників над розрахунковою поверхнею, м; a і b – сторони приміщення, м.

Коефіцієнт нерівномірної освітленості z значною мірою залежить від відношення відстані між світильниками до висоти їх підвісу і становить для світильників з люмінесцентними лампами $z=1.1$.

Знайдемо індекс приміщення:

$$i = \frac{10 \cdot 8}{2.9 \cdot (10 + 8)} = 1.53$$

Згідно [20] коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0.61$.

Приймаємо потужність ламп 40 Вт – тоді їх світловий потік $\Phi=3000$ лк. Визначимо загальну кількість світильників:

$$n_c = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\Phi \cdot \eta \cdot h}, \quad (6.5)$$

$$n_c = \frac{300 \cdot 1.3 \cdot 80 \cdot 1.1}{3000 \cdot 2 \cdot 0.61} = 9.3 \approx 10$$

Тобто ми маємо два ряди по п'ять світильників

При стандартній довжині одного світильника 1,24 м загальна довжина становить:

$$L' = 5 \cdot 1.24 = 6.2 \text{ (м)}.$$

Відстань між світильниками в ряді дорівнює:

$$l' = \frac{10 - 6.2}{6} = 0.6 \text{ (м)}$$

Загальна потужність ламп освітлювальної установки:

$$P = h_p \cdot N \cdot n' \cdot 40 \quad (6.6)$$

$$P = 2.9 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 40 = 1160 \text{ (Вт)}$$

Отже ми провели розрахунок освітлювальної установки для даного приміщення і виявили, що найбільш оптимальним варіантом буде установка, яка складається із двох рядів люмінісцентних ламп загальною потужністю 1160 Вт, в кожному ряді по 5 ламп. Схема розміщення світильників наведено на рисунку 6.1.

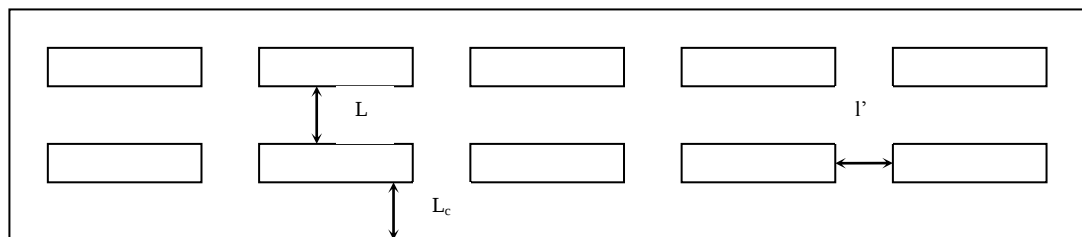


Рисунок 6.1 – Схема розміщення світильників

6.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

З розвитком науково-технічного прогресу важливу роль грає можливість безпечного виконання людьми своїх трудових обов'язків. У цьому сенсі була створена та розвивається наука про безпеку праці та життєдіяльності людини. Безпека життєдіяльності (БЖД) — це комплекс заходів, вкладених у забезпечення безпеки людини у середовища проживання, збереження здоров'я, розробку методів і засобів захисту за допомогою зниження впливу шкідливих і найнебезпечніших чинників до допустимих значень, вироблення заходів для

обмеження шкоди на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій мирного і війни.

Мету й зміст БЖД: виявлення вивчення чинників довкілля, які впливають для здоров'я людини; - ослаблення дії цих факторів до безпечних меж чи виняток їх якщо може бути; - ліквідація наслідків катастроф і стихійних лих. Коло практичних завдань БЖД передусім обумовлений вибором принципів захисту, із розробкою та раціональним використанням засобів захисту чоловіки й природного довкілля від впливу техногенних джерел постачання та стихійних явищ, і навіть коштів, які забезпечують комфортне стан середовища життєдіяльності. Охорона здоров'я працюючих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань, і виробничого травматизму становитиме з головних турбот людського суспільства. Звертається увагу до необхідності широко він прогресивних форм наукової організації праці, відомості до мінімуму ручного, малокваліфікованого праці, створення обстановки, яка виключає професійні захворювання і виробничий травматизм. На робоче місце мають бути передбачені захисту від можливого впливу небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Рівні цих факторів нічого не повинні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими, технічними і санітарно-технічними нормами. Переважна частина вчених вважають, що і короткочасне, і тривале вплив всіх видів випромінювання від екрана монітора безпечно здоров'ю персоналу, обслуговуючого комп'ютери. Проте вичерпних даних щодо безпеки впливу випромінювання від моніторів на які працюють із комп'ютерами й не існує дослідження, у цьому напрямі тривають. Максимальний рівень рентгенівського випромінювання робочому місці оператора комп'ютера звичайно перевищує 10мкбэр/ч, а інтенсивність ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань від екрана монітора лежать у межах 10...100мВт/м². Для зниження впливу цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори зі зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99), встановлювати захисні екрани, і навіть дотримуватися регламентовані режими праці та відпочинку.

Виробничі аварії можуть бути різноманітними. Причинами їх можуть бути: стихійні лиха (землетруси, зсуви, повені, пожежі тощо). а також порушення технології виробництва і правил техніки безпеки.

Найбільш типовими наслідками аварій можуть бути: вибухи, пожежі, затоплення, завали шахт, зараження навколишнього середовища сильнодіючими отруйними речовинами.

Під стихійним лихом розуміють таке явище природи, яке не може бути відвернуте і характеризується порушенням нормальної життєдіяльності значної групи населення, загрози для їх життя, руйнуванням чи затопленням та знищенням матеріальних цінностей.

До них відносяться: повені; потоки; урагани; зсуви; землетруси та інші.

До стихійних лих відносяться також масові лісові пожежі по тим втратам, які вони завдають народному господарству і великій небезпеці для населення, що проживає у районах, охоплених пожежами.

Крупними аваріями на промислових підприємствах вважаються надзвичайні пригоди, які викликають раптову зупинку роботи. створюють небезпеку для життя людей і можуть призвести до руйнування виробничих будівель, ушкодження чи знищення устаткування, сировини і готової продукції, а також до зараження місцевості отруйними речовинами і загазованості атмосфери. Наслідком аварій, а іноді і причиною їх можуть бути вибухи і пожежі.

Такі стихійні явища природи, крупні аварії у промисловості і на транспорті, які спричинили загибель людей, великі руйнування і знищення матеріальних цінностей, відносяться до категорії катастроф.

Крупні виробничі аварії і катастрофи можуть призводити до загибелі людей і завдавати відчутних втрат народному господарству.

Тому забезпечення безаварійної роботи підприємств слід розглядати як важливу державну справу, яка потребує повсякденної уваги керівництва. інженерно-технічних працівників. Аварії можуть трапитися на будь-яких промислових підприємствах і на транспорті, унаслідок безвідповідального

відношення до своїх обов'язків усіх посадових осіб. а також робітників і службовців підприємства і недодержання ними правил техніки безпеки.

Однак, найбільшу небезпеку являють собою об'єкти, що виробляють чи застосовують у технології сильнодіючі отруйні речовини, вибухо і пожежонебезпечні матеріали і продукти. Небезпечними об'єктами є також склади, бази, залізничні станції і порти, де зберігаються чи маються запаси цих матеріалів і продуктів. Аварії можуть трапитися унаслідок:

- стихійних лих;
- допущення прорахунків у проектуванні будівництві і обладнанні підприємства;
- введення в експлуатацію промислових об'єктів з великими недоробками і відступами від проектів;
- прийняттям в експлуатацію вентиляційних систем без випробування на ефективність їх роботи;
- недоробок по техніці безпеки і охороні праці тощо.

Вони можуть бути також наслідком порушення технологічного процесу, несправності електропроводки і недостатнього впровадження надійних систем пожежогасіння.

Аварії виникають і унаслідок необачного поводження з вогнем.

Крім того, причинами аварії можуть бути: порушення вимог і правил техніки безпеки: низька трудова і технологічна дисципліна, відсутність належного контролю за процесом виробництва.

Аналіз причин аварій показує, що вони виникають головним чином унаслідок поганої навченості персоналу, допущеної халатності, порушень технологічного процесу виробництва і правил техніки безпеки.

Для запобігання аваріям на промислових підприємствах і транспорті заздалегідь розробляються і здійснюються організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості і безаварійності роботи.

Вивчення причин виникнення аварій і всебічна оцінка ступеня їх небезпечності дасть можливість правильно визначити заходи, що до їх попередження, передбачити необхідні дії по захисту людей і зниженню втрат.

Важливим фактором забезпечення безаварійної роботи є вивчення і суворе дотримання всіма інженерно-технічними працівниками правил і норм техніки безпеки. Основними заходами по ліквідації наслідків аварій і стихійних лих є:

- оповіщення робітників і службовців, ЦО і населення, що проживає поблизу об'єкту, екстрена евакуація;
- комплексна розвідка об'єкту на якому виникла аварія;
- рятування людей з-під завалів, із оточуючих і ушкоджених будівель і споруд;
- надання медичної допомоги потерпілим від аварії, вивіз у лікувальні установи;
- гасіння пожеж;
- локалізація аварії на комунально-енергетичних мережах, перешкоджаючих веденню рятувальних робіт;
- улаштування проїздів і підходів до місць аварій;
- руйнування ненадійних конструкцій, розбирання завалів;
- демонтаж зберігшогося устаткування, якому загрожує небезпека;
- організація комендантської служби.

Задача кожного працюючого на підприємстві - знати основні правила поведінки при аваріях, вміти діяти в обставинах, що при цьому склалися. Ці правила і послідовність дій треба вивчати, постійно пам'ятати і вміти практично виконувати.

В аварійній ситуації важливою задачею є оповіщення про аварію. Кожний робітник і службовець будь-якого об'єкту народного господарства повинен вміти користуватися наявними на підприємстві оповіщувачами. Кожний робітник підприємства, пов'язаний з можливою газовою обстановкою, повинен знати способи виклику газорятівників.

Для ліквідації стихійних лих, виробничих аварій і рятування потерпілих на об'єктах народного господарства у першу чергу залучаються спеціальні підрозділи (газорятівників, пожежників і т. ін.), при необхідності можуть залучатися формування ЦО.

З виникненням аварій робітники і службовці, що входять до складу формування ЦО, зобов'язані негайно прибути на місце збору. Робітники і службовці підприємства, що не входять до складу формувань, повинні бути також готові вести роботи по ліквідації аварії, по спасінню потерпілих на об'єктах.

Ліквідація наслідків стихійних лих і аварій може здійснюватись одночасно на всьому об'єкті або по окремих його ділянках при наявності достатніх сил і засобів. При цьому розпочинають їх у першу чергу там, де необхідно надати допомогу людям, на ділянках, які становлять найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога надається перш за все потерпілим, що знаходяться у шоківому стані, а також вивільнені з-під уламків завалів. Вивільнення людей з-під великих завалів проводиться з додержанням особливих заходів перестороги, їм надається невідкладна медична допомога на місці з подальшою евакуацією у лікувальні установи.

Виробничим аваріям звичайно сприяють пожежі, що створюють у деяких випадках найбільшу небезпеку. Обстановка в осередку пожежі може створитися досить складна, особливо при наявності руйнувань, завалів, порушення і навіть припинення водопостачання. Боротьба з вогнем пов'язана із рятуванням людей, якщо частина персоналу підприємства опинилася у зоні, охопленій полум'ям. Наявність у виробництві вибухонебезпечних і швидко займистих матеріалів може погіршити становище. Тому до ліквідації пожежі необхідно залучити технічний персонал підприємства, який добре знає розташування апаратури, що знаходиться під великим тиском, місцезнаходження вибухонебезпечних чи отруйних речовин, а також можливості використання стаціонарних засобів пожежегасіння.

У першу чергу локалізують і гасять ті осередки пожежі, які становлять перешкоду рятувальним роботам і створюють загрозу подальшого поширення вогню.

Особовий склад формувань пожежегасіння повинен суворо дотримуватись правил безпеки, слідкувати за станом будівельних конструкцій, що загрожують обвалом, і не допускати, щоб вогонь оточував працюючих. При сильній задимленості особовий склад, що приймає участь у гасінні пожежі, повинен діяти у протигазах і використовувати інші захисні засоби.

Пожежі впливають на людей дуже сильним психологічним ефектом. Відомо, що паніка серед людей навіть при невеликих пожежах є причиною значних жертв. Знаючи правила поведінки, людина, захоплена цим лихом, у будь-якій обстановці зможе не лише врятувати своє життя, але й надати допомогу у рятуванні інших людей, матеріальних цінностей від вогню.

При самопорятунку і рятуванні інших людей у будинках охоплених вогнем, діяти слід швидко, оскільки основною небезпекою є висока температура повітря, задимлення, можливі обвалення будівельних конструкцій. Палаюче приміщення треба долати, накрившись з головою мокрою ковдрою, цупкою тканиною чи верхнім одягом, крізь сильно задимлене приміщення слід повзти чи рухатись пригинаючись. Двері у задимлене приміщення слід відчиняти обережно, бо швидкий потік повітря викличе спалах полум'я. Ввійшовши у приміщення, де можуть бути люди, слід гукнути їх, відшукуючи потерпілих, треба пам'ятати, що діти від переляку ховаються під ліжку, шафу, забиваються у кутки, в інші місця.

Під час пожежі на людях спалахує одяг. При невеликих ділянках палаючого одягу вогонь може бути погашений шляхом збивання його курткою, рукавицею. Не виключено, що у деяких випадках люди в палаючому одязі намагаються бігти. Необхідно зупинити їх, накинувши на таких потерпілих будь-яке полотно, щільно притуливши його до тіла потерпілого. Цим може бути досягнуте припинення припливу повітря до місця горіння і самогоріння.

При виникненні пожежі на виробництві у першу чергу треба повідомити пожежну команду, а потім сміливо вступати у боротьбу з вогнем.

Для гасіння пожеж застосовуються : вода, пісок, вогнегасники і інші підручні засоби. Крім цих засобів треба застосовувати підготовлений протипожежний інвентар, пінні, порошкові і вуглекислотні вогнегасники, а також підручні матеріали, що мають вогнегасну дію.

Бензин, гас, різні органічні масла і розчинники, палаючу електропроводку водою гасити не можна, їх слід гасити за допомогою пінних і порошкових вогнегасників, шляхом засиплення піском і землею, а якщо вогнище пожежі невелике - накрити його брезентовим покривалом, важкою тканиною чи одягом, змоченим водою. Палаючу електропроводку гасити можна лише впевнившись, що з неї знята напруга.

Треба бути уважним при наявності обвислих проводів: не з'ясувавши, що провід знеструмлено, слід вважати його під напругою і вживати відповідні заходи безпеки.

На ряді об'єктів народного господарства здійснюється виробництво, використання, зберігання, а у деяких районах і перевезення сильнодіючих отруйних речовин (СДОР). Це стосується перш за все підприємств хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та інших споріднених з ним галузей промисловості, підприємств, що мають холодильні установки в яких застосовується як холодильний агент речовини типу аміаку, водопровідних і очисних споруд, що використовують хлор, залізничних станцій, що мають колії рухомого складу для СДОР, а також складів і баз з запасами отрутохімікатів, чи інших аналогічних речовин. Серед СДОР можуть бути: аміак, хлор, окис вуглецю, сірчастий ангідрид, сірковуглець, трихлористий фосфор, фтористий водень та. ін.

У наслідок стихійних лих (наприклад, під час землетрусу , пожежі чи залізничної катастрофи) чи при аварії на виробництві, можливі виливи (викиди) СДОР і пов'язані з ними зараження місцевості і повітря. При цьому не виключені ураження людей, що знаходяться у районах виливу (викиду) СДОР.

Після виявлення викиду в атмосферу СДОР чи розливу її по території слід негайно сповістити всіх, хто може опинитися у небезпечній зоні, включаючи і житловий сектор, який межує з об'єктом.

Робітники і службовці, а у деяких випадках і жителі прилеглих районів на випадок аварії повинні бути забезпечені промисловими фільтруючими протигазами, призначеними для захисту від даного виду СДОР.

Робота по ліквідації аварії у першу чергу спрямована на те, щоб припинити розповсюдження отруйної речовини в атмосферу і розтікання її по місцевості. Для цього потрібно відключити ушкоджену ділянку перекрити крани і інші запірні пристрої. На розриви, що утворилися у ємностях і трубопроводах, накласти пластирі, муфти, у необхідних випадках забити пробки із дерева чи металу, перекачати СДОР з ушкоджених ємностей у справні. Крім того, для збору отруйних речовин необхідно відкопати рови і канали.

Розвідники, як тільки виявлять зараження, визначають концентрацію СДОР, уточнюють зони небезпечного і надзвичайно небезпечного зараження, позначають їх межу, встановлюють шляхи підходу, характер і масштаби руйнувань, стан людей і обладнання. Район, де відбулася аварія обов'язково оточується, посторонні не допускаються.

Органи ЦО у цей час повинні уважно стежити за метеорологічною обстановкою. Напрямок вітру і температура повітря можуть змінюватись, і це відіб'ється на характері і напрямку розповсюдження отруйних парів.

Не менш важливою турботою при ліквідації зараження є дегазація зараженої території, споруд і устаткування. Як речовини для дегазації можуть бути використані, наприклад, хлор, гашене вапно, лужні відходи промисловості. Застосовують їх найчастіше у вигляді розчинів або кашиці.

Усі хто приймає участь у ліквідації аварії, забезпечуються промисловими чи ізолюючими протигазами, захисним одягом, індивідуальними протихімічними пакетами, медичними засобами.

У зонах можливих затоплень на місцевості слід додержуватись встановленого порядку, зайняти підвищені місця. При рятувальних роботах

необхідно виявляти витримку і самовладання, суворо дотримуватись вимог рятувальників. Не можна переповнювати рятувальні засоби (катери, човни, плоти), оскільки це загрожує безпеці рятувальників і врятованих. Потрапивши у воду, слід скинути із себе важкий одяг і взуття, відшукати поблизу плаваючі чи підвищені над водою предмети, скористатися ними до отримання допомоги.

У випадку одержання сигналу сповіщення населення про наближення селевого потоку чи зсуву, а також при перших ознаках їх появи, треба якомога швидше залишити приміщення попередити про небезпеку оточуючих і вийти у безпечне місце. Залишаючи приміщення, слід загасити печі, перекрити газові крани, вимкнути світло і електроприлади. Це допоможе відвернути виникненні пожежі. Селеві потоки і зсуви являють серйозну небезпеку при їх раптовій появі. У цьому випадку страшнішим за все є паніка.

У випадку захоплення когось потоком селю, треба надати потерпілому допомогу усіма наявними засобами . Такими засобами можуть бути жердини, канати чи мотузки, що подають рятівники. Виводити врятованих з потоку треба у напрямку потоку із поступовим наближенням до краю.

На кожній ділянці аварійних робіт виставляється охорона і спостерігачі, а біля небезпечних місць встановлюється огорожа і вивішуються плакати з попередженнями про небезпеку.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі було поставлено завдання створення програмного та алгоритмічного забезпечення автоматизованої системи діагностування стану системи підтримання пластового тиску на рівні провідних фірм світу. Для вирішення цієї проблеми було виконано ряд проміжних задач, а саме: розглянуто технічні характеристики системи підтримання пластового тиску типу ЦНС-180-1900 та, власне, сам агрегат як об'єкт діагностування, в результаті чого були встановлені основні діагностичні ознаки та особливості діагностування даного газоперекачуючого агрегату. Паралельно з тим було проведено загальний огляд та аналіз найкращих промислових зразків систем діагностування такого типу, визначено їхні переваги та недоліки і враховано їх при розробці програмного продукту. Було також розглянуто типові види відмов насосних агрегатів та методи їх діагностування. Результатом проведеної роботи стало написання в середовищі Delphi програмного пакету, що дає змогу записувати вибірки вібросигналів, безпосередньо їх проглядати, на їх основі будувати частотні спектри з різною роздільною здатністю, аналізувати їх, заносити їх в базу даних, оглядати базу даних та аналізувати зміни, що відбулися в спектрах за час, що минув.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Заміховський Л.М., Паньків Ю.В. Контроль технічного стану відцентрових насосних агрегатів систем підтримання пластового тиску. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2012. № 2(43) С.120-133.
2. Заміховський Л.М. Логічна діагностична модель відцентрового насосного агрегату для систем підтримання пластового тиску / Л.М. Заміховський, Ю.В. Паньків // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2008. – №71. – С. 87–91.
3. Паньків Ю.В. Дослідження впливу дефектів на зміну частотного спектру вібраційних процесів у відцентрових насосних агрегатах систем підтримання пластового тиску / Ю.В. Паньків // Методи та прилади контролю якості. – 2007. – №18. – С. 22–26.
4. Паньків Ю.В. Особливості насосного агрегата ЦНС-180-1900 як об'єкта діагностування при роботі в системі підтримання пластового тиску / Ю.В. Паньків // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2006. – №1(95). – С. 161–168.
5. Костишин В.С. Моделювання режимів роботи відцентрових насосів на основі електрогідравлічної аналогії. – Івано-Франківськ, 2000.- 163с
6. Підконтрольна експлуатація обладнання насосних станцій: конспект лекцій / укладачі: В. О. Панченко, В. Ф. Герман. – Суми: Сумський державний університет, 2020. – 264 с.
7. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. – Суми: Сумський державний університет, 2015. – 151 с.
8. Костишин В. С. Моделювання режимів роботи відцентрових насосів на основі електрогідравлічної аналогії: дисертація д-ра техн. наук: 05.15.13 / Івано- Франківський національний технічний ун-т нафти і газу. - Івано-Франківськ, 2003.

9. Представлення відцентрового насоса у вигляді чотириполюсника [Текст] / В.С.Костишин, П.М. Николин // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищах. – 2006. - №3. – С.76–80.
- 10.Основи технічного сервісу транспортних засобів: навч. посіб. / Є. Ю. Форнальчик, Р. Я. Качмар ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 304 с.
- 11.Юрченко І. В. Інформатика та програмування. Частина 1. Навчальний посібник. / І. В. Юрченко. – Чернівці : Книги–ХХІ, 2011. – 203 с.
- 12.Юрченко І. В. Інформатика та програмування. Частина 2. / І. В. Юрченко, В. С. Сікора. – Чернівці : Видавець Яворський С.Н., 2015. – 210 с.
- 13.Ярошко С. А. Основи об'єктно-орієнтованого програмування з ілюстраціями на Borland Pascal та Borland Pascal for Windows. Тексти лекцій. – Львів: Ред.-вид. відділ ВЦ ЛДУ ім. І. Франка, 1998. – 50 с.
- 14.Надійність залізничного рухомого складу: Конспект лекцій / В. Г. Пузир, О. С. Крашенінін, О. В. Клименко, І. Г. Крамчанін. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – 100 с.
- 15.Щедрій Я.ІС. Основи охорони праці: Навчальний посібник / За ред. Я.І. Бедрія. – 3-тє вид., переробл. і доп. / Я.І. Щедрій, Ю.Л. Дещинський, О.С. Мурін. – Львів: “Магнолія плюс”, СПД ФО В.М. Піча, 2004.- 240с.
- 16.Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.
- 17.Ростислав Трембач, Віталій Ковалик, Ростислав Гвоздецький, Інна Кобринчук. Автоматизована система діагностування процесів теплообміну наземних ділянках трубопроводів. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2024) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. – С.497-499.
- 18.Diahovchenko I., Kolcun M., Čonka Z., Savkiv V., Mykhailyshyn R. Progress and challenges in smart grids: Distributed generation, smart metering, energy storage and smart loads. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of

- Electrical Engineering, 2020. Vol. 44. P. 1319-1333.
<https://doi.org/10.1007/S40998-020-00322-8>.
19. Palamar A., Pettai E., Beldjajev V. Control System for a Diesel Generator and UPS Based Microgrid. Scientific Journal of Riga Technical University. Power and Electrical Engineering. 2010. Vol. 27. P. 47-52.
20. Vasylykivskyi I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria, November, 27–29, 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.
21. Wieclaw L.; Pasichnyk V.; Kunanets N.; Duda O.; Matsiuk O.; Falat P. Cloud computing technologies in “smart city” projects. In Proceedings of the 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). Bucharest: Romania, 21–23 September 2017. pp. 339–342.
22. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies. Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004. P. 1658–1662.
23. Автоматизація виробничих процесів : навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
24. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
25. Букетов А. В., Стухляк П. Д., Кальба Є. М. Фізико-хімічні процеси при формуванні епоксикомпозитних матеріалів. Тернопіль: Збруч, 2005. 182 с.
26. Драган Я. П., Яворський Б. І., Яворська Є. Б. Концепції і принципи побудови моделей для означення метрологічних характеристик ритміки кардіосигналів. Вісник нац. унів. “Львівська політехніка”: зб. наук. пр. Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2002. № 443. С. 200-205.

- 27.Коваль В. П., Івасечко Р. Р., Козак К. М. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2015. № 3. С. 2-10.
- 28.Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
- 29.Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
- 30.Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
- 31.Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
- 32.Development of Digital Platform to Identify and Monitor the Digital Business Transformation Index, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Dudkin, P., Dudkina, O., International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, 2020, 2, pp. 171–175, 9322016
- 33.Information technology to support the digital transformation of small and medium-sized businesses, Mosiy, L., Kozbur, H., Strutynska, I., Mosiy, O., Yatsyshyn, V. CEUR Workshop Proceedings, 2024, 3742, pp. 150–165
- 34.Analysis of the SMEs' Digitalization State Using HIT Index and Machine Learning Technique, Strutynska, I., Kozbur, H., Dmytrotsa, L., Kozbur, I., Gashchyn, N., Proceedings - International Conference on Advanced Computer Information Technologies, ACIT, 2023, pp. 332–337
- 35.Working-Out of Recommendation System to Increase the Digital Maturity Level of Enterprises, Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Hlado, O., Sorokivska, O., 2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications Science and Technology, PIC S and T 2020 - Proceedings, 2021, pp. 147–151,

36. The Unification of Approaches to Measuring the Digital Maturity of Business Structures (International and Domestic Approaches) / Strutynska, I., Dmytrotsa, L., Kozbur, H., Melnyk, L., Sherstiuk, R., CEUR Workshop Proceedings, 2021, 3013, pp. 10–23
37. Стухляк П.Д., Букетов А.В. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням. Тернопіль: Збруч, 2009. 237 с.
38. Ткачук Р., Яворський Б. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю. Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2009. №3. С. 102-110.
39. Юзьків А. В., Яворський Б. І. Математичне моделювання електроретинографічних сигналів. Вісник ТДТУ. Тернопіль, 1997. № 2. С. 40-45.
40. Яворський Б. І. Математичні основи радіоелектроніки. Частина І. Тернопіль: ТПІ імені Івана Пулюя. 1996. 184 с.
41. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
42. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
43. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с.
44. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. –

- Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с.
- 45.Медвідь В.Р., Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. – 354 с., ISBN 978-966-305-045-4, <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/20504>.
- 46.Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172>
- 47.Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.
- 48.Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
- 49.Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
- 50.Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 26с.
- 51.Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль

4. «Мікросхемотехніка» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 44с.
52. Розробка мікропроцесорної системи керування на основі мікропроцесорного комплекту KР580 та на основі ОМЕОМ К1816ВЕ51/ Методичні вказівки для виконання курсового проєкту з дисципліни "Електроніка і мікропроцесорна техніка" //Медвідь В.Р, Пісьціо В.П., Микулик П.М. Тернопіль: ТНТУ - 2016. 108 с.
53. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
54. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
55. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с.
56. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
57. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : П.О. Марущак , Ю.Б. Капаціла , Р.І. Михайлишин. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2018. - 75 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26145>
58. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. -

21 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32136/>.

- 59.Методичні рекомендації для практичних занять з курсу «Засади провадження наукової діяльності» / укл. : Дмитрів Олена Романівна, Рогатинський Роман Михайлович. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. – 112 с., <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44669>.