

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти – бакалавр

за освітньо-професійною програмою

«Комп'ютерні науки»

зі спеціальності

122 – Комп'ютерні науки

Тема роботи:

**«Розроблення інформаційної системи прогнозування технічного стану
технологічного обладнання »**

Виконав студент гр. КН-21 _____ Водько В. С

Керівник _____ Попов С. О.

Нормоконтроль _____ Маринич І. А.

Завідувач кафедри _____ Рубан С. А.

Кривий Ріг – 2025

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: інформаційних технологій

Кафедра: автоматизації, комп'ютерних наук і технологій

Ступінь вищої освіти: Бакалавр

Спеціальність: 122 – Комп'ютерні науки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою: к.т.н. Рубан С.А.

«__» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

студентові групи КН-21 Водько Віталію Сергійовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Розроблення інформаційної системи прогнозування технічного стану технологічного обладнання»

Затверджено наказом по університету № 254с від 13.05.2025 р.

2. Термін здачі кваліфікаційної роботи: 19.06.2025 р.

3. Склад кваліфікаційної роботи: Пояснювальна записка обсягом 74 с., додатки, презентація у Microsoft PowerPoint (10 слайдів) в електронному та друкованому вигляді

4. Консультанти кваліфікаційної роботи:

Розділ 1-2

проф. Попов С. О.

Нормоконтроль

доц. Маринич І. А.

5. Календарний план:

№	Етапи роботи	Термін виконання
1	Вступ	01.04.24
2	Розділ 1	05.04.24
3	Розділ 2	01.05.24
4	Висновки	25.05.24
5	Оформлення кваліфікаційної роботи	28.05.24
6	Підготовка презентації та графічного матеріалу	20.05.24
7	Підготовка доповіді до захисту	05.06.24

6. Дата видачі завдання: 14.05.2025р.

Керівник _____ /Попов С.О./

7. Запевнення: Я, Водько Віталій Сергійович, запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про академічну доброчесність Криворізького національного університету ознайомлений.

Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі умисних порушень робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Студент _____ / Водько В. С./

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ.....	8
1.1 Поняття діагностування і аналізу технічного стану обладнання.....	8
1.2 Методи аналізу технічного стану обладнання	14
1.3 Використання процедури прогнозування в діагностиці технічного стану	15
1.4 Існуючі способи прогнозування	17
1.5 Показники якості прогнозування	19
1.6 Огляд і оцінка аналогічних інформаційних систем	21
1.7 Висновки	26
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ	28
2.1 Порядок ідентифікації технічного стану обладнання.....	28
2.2 Методика прогнозування	33
2.3 Інструментарій для оцінювання та надання прогнозу технічного стану обладнання	44
2.4 Параметри які використовують для прогнозування.....	47
2.5 Прогнозування технічного стану на основі тимчасових рядів.....	50
2.6 Структура інформаційної системи прогнозування технічного стану технологічного обладнання.....	57
2.7 Алгоритм прогнозування технічного стану промислових агрегатів	60
2.8 Висновки	70
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
ДОДАТКИ.....	75

АНОТАЦІЯ

Водько В. С. Розроблення інформаційної системи прогнозування технічного стану технологічного обладнання : кваліфікаційна робота бакалавра : 122 – Комп’ютерні науки. Кривий Ріг. Криворізький національний університет, 2025. 95 с.

Актуальність роботи обумовлена відсутністю на теперішній час дієвих інформаційних засобів прогнозування технічного стану технологічного обладнання у виробничих системах.

Об’єктом роботи – є теорія технічного діагностування промислового обладнання на підприємстві, *предметом* є оцінка та прогнозування технічного стану промислових агрегатів.

Мета роботи – Розроблення інформаційної системи прогнозування технічного стану технологічного обладнання в системі управління його готовністю до виконання виробничих завдань.

Завдання роботи:

- огляд і аналіз інформації з технічного діагностування;
- аналіз існуючих методів вирішення даної проблеми;
- розглядання існуючих програмних засобів в сфері оцінки та прогнозування технічного стану;
- розробка алгоритму прогнозування технічного стану;
- програмна реалізація розробленого алгоритму

РОЗРОБЛЕННЯ, ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМА, ПРОГНОЗУВАННЯ
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

ВСТУП

Прогностика, як наука виникла в період науково-технічної революції. Як галузь вона бере початок вже давно. «Прогностика», це давньогрецький термін.

У загальному змісті, поняття позначало діагнозів і прогнозів процесів.

У наш час процес прогнозування є актуальним і використовується в управлінні. У промисловості прогнозування відіграє важливу роль. Шляхом екстраполяції й тенденцій, можна робити попередні висновки з процесів, явищ, дій, операцій.

Методів прогнозування багато. Їх аналіз методів, вивчення, використання у різних сферах є заходом раціоналізаторським.

Вірогідності прогнозів можна зрівняти з реальними показниками, і за зробленими висновками, приступати до наступного прогнозу за існуючими даними, тобто за вже визначеною тенденцією.

Під поняттям прогнозування технічного стану розуміють визначення технічного стану на основі правил та прийомів з визначення характеристик, змін стану за часом процесу.

Прогнозування ґрунтується на таких етапах: ретроспекція, діагностика, прогнозування.

На етапі ретроспекції визначається динаміка стану об'єкта та виявляються характеристики зміни його параметрів, а також визначається стан у динаміці.

На етапі діагностики визначається стан на конкретний момент і установлюються зміни параметрів об'єкта та вибираються методи та засоби вимірювання, з'ясовується вимір параметрів стану, вибираються методи подальшого прогнозування.

На третьому етапі здійснюється аналіз і узагальнення змін відповідних параметрів й ознак технічного стану обладнання, прогнозується їх зміна на певний період в майбутньому.

Актуальність теми – обумовлюється необхідністю контролю технічного стану обладнання та впровадження стратегії ремонтів пов'язана з вимогою

максимального використання робочого ресурсу вузлів і агрегатів. Це є актуальним в умовах ринкової економіки. Тому це дозволяє не тільки знизити економічні затрати за зменшенням кількості простоїв і раціональному використанню ресурсів, а й скоротити тривалість ремонтних операцій і технічного обслуговування.

Впровадження стратегії ремонтів відповідно до стану обладнання пов'язане з виникненням ряду труднощів.

Контроль технічного стану потребує висококваліфікованих фахівців в галузі діагностики, які здатні правильно трактувати отримані дані в результаті вимірювань, а також наявність високого рівня культури праці.

З відсутністю достатньої кількості фахівців з необхідного профілю та належного рівня організації, особливо важливо на сучасному етапі розробка інформаційних експертних систем, які дозволяють не тільки узагальнювати та упорядкувати розрізнену інформацію на базі єдиного підходу, але і надавати вагомі результати.

Об'єктом роботи – є теорія технічного діагностування обладнання.

Предметом – є оцінка та прогнозування стану промислових агрегатів.

Метою роботи – є розробка системи прогнозування технічного стану агрегатів на основі економіко-математичних методів.

Завдання роботи:

- оглянути і проаналізувати питання інформації технічного обладнання;
- проаналізувати існуючих методи оцінки стану обладнання;
- розглянути існуючі засоби оцінки і прогнозування технічного стану;
- розробити алгоритм прогнозування технічного стану обладнання;
- розробити програму реалізація розробленого алгоритму.

РОЗДІЛ 1 ПРИНЦИПИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Поняття діагностування і аналізу технічного стану обладнання

Поняття діагностування.

Технічна діагностика – це область знань, як охоплює теорію, методи та технічні засоби визначення поточного стану об'єкта.

Технічним діагностуванням це процес визначення стану об'єкту діагностування (ОД) з певною величиною точності. Об'єктом технічного діагностування, чи контролю технічного стану, називають виріб, який підлягають контролю.

Технічний стан ОД – це стан, що характеризує на певний момент і за певних умов параметри об'єктів.

Розрізняють такі види технічного стану: справне, несправне, працездатне, непрацездатне.

Результат діагностування, це висновок про технічний стан об'єкта. Стан ОД оцінюється певними діагностичними ознаками.

Діагностичною ознакою (ДО), це параметр або характеристика, що використовують при діагностуванні.

Параметр – це фізична величина, наприклад: діаметр d , сила струму I , тиск P , напруга U , витрата Q , потужність W , кут повороту.

Характеристика, це залежність однієї фізичної величини від іншої величин чи параметра, а саме: статична характеристика, у разі якщо величина не залежить від часу, частоти, наприклад, зовнішня характеристика генератора $U=f(I)$.

Діагностичні ознаки вибираються за аналізом діагностичної моделі. Під нею розуміють опис ОД, який враховує зміну її стану.

Із справного стану в інші стани ОД з часом переходить за виникаючих дефектів, пошкоджень, несправностей.

Завдання діагностування полягає у виявленні дефекти. А саме знайти місця і причини їх виникнення та передбачити можливі дефекти, а це прогнозування технічного стану.

Для ого щоб переконатися, що об'єкт справний, виконують перевірку справності об'єкта. На етапі виробництва вона дозволяє дізнатися, чи містить об'єкт дефектні компоненти:(деталі, блоки, вузли, елементи, а їх монтаж цих елементів чи має помилки. Перевірка справності є основною діяльністю на підприємствах відділів технічного контролю.

На етапі експлуатації об'єкта перевіряють:

при ремонті - чи всі виявлені несправності, усунені, що були в об'єкті;

при зберіганні - чи не виникли нові несправності.

При профілактиці об'єкту перед його використанням або після застосування необхідно встановити, чи в змозі об'єкт виконати необхідні функції. Тобто перевірити його працездатність.

На етапі експлуатації об'єкту в процесі застосування за призначенням необхідно виявити несправності об'єкту, які порушують його нормальну роботу у на поточний момент часу.

Перевірка правильності функціонування менш повна ніж перевірка працездатності, оскільки в об'єкті правильно функціонуючому можливі несправності, що можуть бути причиною його неправильної роботи в інших режимах. Тоді як працездатний об'єкт нормально функціонує у всіх режимах.

Важливою характеристикою перевірки справності, працездатності є повнота контролю. Це задає частку дефектів, що гарантовано виявляються у всіх дефектах.

Пошук дефекту необхідний для виявлення заміни у компонентах, або зв'язків, та усунення помилок монтажу.

Після усунення дефектів об'єкт стає справним та працездатним. Пошук дефектів є частиною діяльності служб наладки на етапі виробництва і ремонтних служб на етапі експлуатації.

Характеристикою пошуку дефектів є глибина пошуку. Це задається

вказівкою складовій частині об'єкту.

При діагностуванні можуть ставитись такі завдання: контроль технічного стану (КТС); пошук можливого дефекту (ПД); прогнозування технічного стану об'єкта контролю (ПТС).

Завдань, що вирішуються при діагностуванні, залежить від умов його і особливостей ОД.

Перше завдання КТС – це контроль працездатності є обов'язковим і вирішується при діагностуванні.

Контроль працездатності передбачає перевірку – відповідності діагностичних ознак ОД вимогам документації. При цьому можливі два види контролю: якісний і кількісний.

У разі, коли ОД втратив працездатність, при діагностуванні вирішується інше завдання, яке визначається можливістю відновлення ОД (усунення дефекту, який виник). Усунути дефект можна у тому випадку, коли ОД ремонтпридатний, а саме пристосований до усунення дефектів, що виникли, і персонал має засоби для його відновлення. В цьому випадку пошук дефекту, як правило, починається за умови, що вже відомо про наявність дефекту, невідомо тільки, який саме дефект.

При вирішенні третього завдання – вивчається характер зміни параметрів і на основі тенденцій, передбачається значення параметрів на майбутнє.

Контроль працездатності і пошук відмови є важливими завданням діагностування, розповсюдженням поєднанням завдань, які вирішуються в процесі діагностування, є: контроль працездатності, пошук дефекту; контроль працездатності і прогнозування стану; контроль працездатності, пошук дефекту і прогнозування стану.

Перший випадок, коли діагностується відновлюваний ОД, на основі отриманого діагнозу персонал проводить роботи з відновлення працездатності.

Другий випадок характерний для ОД, коли персонал, приймає рішення про використання та режими його використання.

Третій випадок при наявності у ОД необхідності встановлення терміну

безвідмовного функціонування. Таке положення виникає при діагностуванні особливо відповідальних ОД.

Відповідно до вимог забезпечення надійності будь-який електронний засіб повинен мати діагностичне забезпечення.

Під діагностичним забезпеченням розуміється комплекс правил, алгоритмів і засобів, необхідних для діагностування на етапах життєвого циклу об'єкту.

При розробці діагностичного забезпечення необхідно виконати:

вивчити ОД, а саме принципи його роботи, конструкцію, функції;

вказати перелік відмов ОД, умови, та ознаки їх прояву, передачі ознак в контрольні точки і їх виявлення для маловивчених ОД може бути потрібне фізичне моделювання дефектів;

вибрати відому або побудувати математичну модель ОД і відповідно моделі відмов;

вибрати метод і скласти алгоритм діагностування при моделі ОД;

оцінити якість алгоритму діагностування;

вибрати або розробити нові засоби діагностування;

оцінити характеристики засобів;

дослідити систему діагностування.

Діагностування в життєвому циклі об'єктів.

Для об'єктів характерними є такі етапи життєвого циклу (рис. 1.1): проектування, виробництво, експлуатація.

Проектування – це аналіз і планування затрат, термінів розробки, завдання вимог, розробка документації, експлуатаційної документації.

Виробництво – це процес реалізації технічних вимог, випробування.

Експлуатація – це сукупність організаційно-технічних заходів, які забезпечують використання об'єкта, його готовність до застосування, підтримку працездатності. Вона включає етапи: транспортування; технічне обслуговування (ТО); зберігання; ремонт; підготовку до застосування.

При проектуванні надійність закладається.

При виробництві вона забезпечується.

При експлуатації немовби витрачається.

З позицій діагностування: в процесі проектування об'єкт пристосовується до діагностування; в процесі створюється працездатний об'єкт; в процесі експлуатації об'єкт підтримується в працездатному стані.

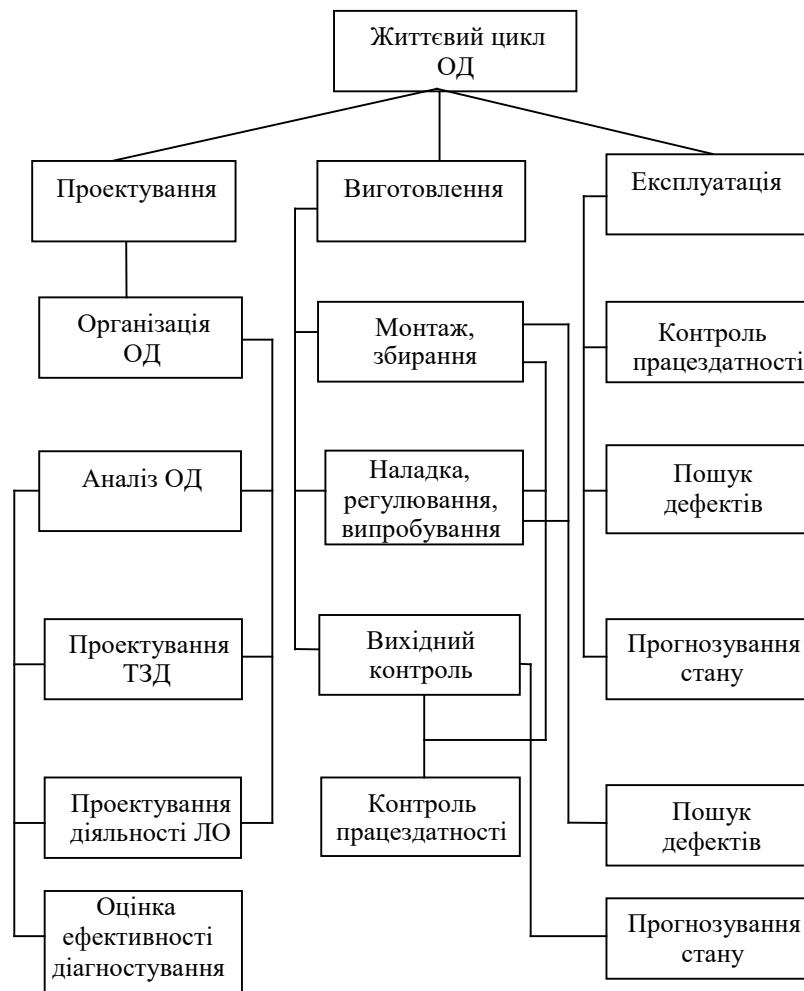


Рис. 1.1 Діагностування в життєвому циклі технічних об'єктів

Діагностування можуть здійснювати на всіх етапах його життєвого циклу.

На початковому етапі необхідно визначити періодичність і тривалість використання та діагностування об'єкта, а також вимоги до системи діагностування. При вирішенні цих завдань отримуються рекомендації зі зміни режиму використання ОД.

Для того, щоб можна було оцінити стан об'єкта, необхідно виконати наступне:

- спроектувати об'єкт, який пристосований до оцінки його стану;
- створити засоби діагностування;
- визначити роль і функції оператора діагностування.

Необхідно розробити діагностичне забезпечення – комплекс правил, методів, алгоритмів, засобів, які будуть застосовуватись на етапах життєвого циклу об'єкта.

Найбільшого ефекту при діагностуванні можна досягти, коли рішення, що приймаються при проектуванні елементів системи діагностування, будуть узгоджені. При проектуванні визначають ефективність діагностування.

Основним завданням виготовлення об'єкта і засобів діагностування є забезпечення вимог, що ставляться до них, однак при виготовленні об'єктів і засобів діагностування слід оцінити їх стан.

При визначенні правильності монтажу при вихідному контролі проводиться контроль технічного стану. При налагоджуванні чи випробуваннях проводиться контроль працездатності.

В процесі експлуатації об'єкту діагностування проводиться періодично для контролю його працездатності. При необхідності прогнозування – ошук дефекту з метою проведення відновлювальних робіт. Діагностування на цьому етапі дозволяє приймати рішення про використання об'єкта за часом.

Таким чином, завдання діагностування на різних етапах життєвого циклу об'єкту можуть бути різними. Крім того, можуть вимагатися засоби для використання на окремих етапах. Вони можуть бути призначені для діагностування при виготовленні або в процесі експлуатації. В ряді випадків створюють засоби для діагностування об'єкта на всіх етапах.

Якщо діагностування проводити на всіх етапах циклу, то його ефективність підвищиться.

1.2 Методи аналізу технічного стану обладнання

Знаряддя праці, їх технічний стан і ступінь відповідності сучасному рівню техніки характеризують технічний рівень підприємства.

Найбільш активний вплив на організацію технологічного процесу здійснюють обладнання і засоби механізації. Тому слід аналізувати технічний стан технологічного обладнання.

Технічний стан обладнання характеризується фізичним і моральним зносом, а також рівнем застосування нової техніки. Старе обладнання менш продуктивне і більш зношене. Проте застаріле обладнання може бути модернізоване. Тобто шляхом конструктивних змін вузлів і деталей застарілого обладнання усувається його знос. За цим техніко-економічні показники старого обладнання можна довести до рівня останніх зразків.

Модернізація застарілого обладнання обходиться дешевшим, ніж придбання нового. Якщо можна модернізувати застаріле обладнання, слід це робити. Застарілим вважається обладнання, яке має термін роботи від 10 до 15 років, та більше 15 років. Обладнання з терміном експлуатації до 5 років є прогресивним.

Для технічного стану обладнання недостатньо його оцінювати тільки за віком. Різне обладнання має неоднаковий нормативний термін експлуатації, тому технічний стан обладнання відображатиме ступінь його зносу.

При аналізі технічного стану слід розглянути заходи, що приймаються для заміни застарілого обладнання, який Коефіцієнт оновлення. Чим вище Коефіцієнт, тим більше оновлення устаткування. Для аналізу технічного стану обладнання рекомендується данні наведені і таблиці 1.2.

Термін експлуатації обладнання визначається у його технічному паспорті. Коефіцієнт модернізації визначають так, це відношення кількості модернізованих одиниць обладнання до загальної кількості устаткування даного виду. Коефіцієнт зношеності, це відношення суми зносу обладнання до вартості обладнання. Коефіцієнт оновлення, це відношення вартості обладнання, що поступило у термін

року, до вартості обладнання конкретного вигляду на кінець року.

Таблиця 1.2 – Характеристика технічного стану технологічного обладнання

Найменування обладнання	Питома вага у % у загальній кількості				Коефіцієнт модернізац ії	Коефіцієнт зношеност і	Коефіцієнт оновлення
	до 5 років	от 5 до 10 років	от 10 до 15 років	понад 15 років			

1.3 Використання процедури прогнозування в діагностиці технічного стану

У зв'язку з роллю автоматизованих систем зростає значення прогнозування їх стану. Без прогнозування не можна управляти станом системи і вчасно попереджати аварії.

Теорія прогнозування стану є на стику теорії надійності; технічна діагностика, технічних вимірювання.

Прогнозування технічного стану примикає до теорії надійності, тому мета прогнозування полягає у виявленні несприятливого стану виробу і розробці рекомендацій, спрямованих на підвищення надійності.

Використання методів прогнозування для аналізу надійності надає можливість підвищення ефективності оцінки надійності різних етапах розробки, виготовлення, експлуатації та часу випробувань.

В процесі створення виробу та налаштування, підготовки до експлуатації та експлуатації важливо мати можливість визначати його технічний стан, тобто знати, які характеристики має виріб. Це вирішується засобами технічного контролю і дозволяє одержувати дані про параметри.

З появою систем, які виконують відповідальні функції, зростає і прогноз їх

технічного стану, для того щоб можна було вчасно вжити належних заходів.

ВУ процесі розвитку техніки сформувалась необхідність управляти станом систем шляхом перемикавання на резерв, переходу на нові робочі режими. Управляти без прогнозу стану не можливо. Таким чином, нові етапи розвитку техніки поставили проблему прогнозування.

При проектуванні варто висловити надійне припущення про технічні характеристики, які буде мати майбутній виріб.

В процесі виробництва за результатами випробувань робиться припущення про характеристики й працездатність великих партій виробів на більших інтервалах часу. За результатами випробувань робиться прогноз про передбачувані характеристики виробів.

Прогноз — означає передбачення майбутню подію на основі вивчення факторів, від яких воно залежить. Наукове прогнозування ґрунтується на вивченні закономірностей, за яким походять процеси. За цим використовуються дві групи закономірностей: випадкових подій (імовірнісні); детерміновані закономірності.

При прогнозуванні виділяються два підходи, а саме:

- прогнозування майбутньої події за закономірностями зміни події;
- прогнозування майбутньої події на підставі вивчення іншої події, пов'язаного з даним.

Технічний стан виробу визначається технічними параметрами, від яких залежить працездатність. Зміна цих параметрів може бути викликана багатьма фактами. Тому виключається можливість визначити однозначний зв'язок зміно параметрів й причин, що їх викликають.

Прогнозування надійності засноване на спостереженні параметрів. Це дозволяє досліджувати надійність виробів у процесі роботи. Це важливо для виробів, які виготовляються невеликим партіями і виконують відповідальні функції. Для них може бути неприпустимим орієнтація на оцінку надійності по кількості відмов, головною вимогою є попередження відмов.

Прогнозування стану і надійності можна виконувати на різних стадіях

створення та експлуатації об'єктів, а саме: проектування, виробництва, експлуатації. На цих стадіях основи прогнозування є загальними, а конкретні методики різними.

На стадії проектування вихідними даними є передбачувані характеристики виробу, робочі режими, передбачувані умови.

На стадії експлуатації вихідними даними є передбачувані закономірності зміни параметрів об'єкту. Метою прогнозування його стану є попередження відмов і визначення умов, які забезпечують задану надійність.

1.4 Існуючі способи прогнозування

Існують такі різновиди постановок завдання прогнозування, що одержали назву способів прогнозування. Найбільш часто використовується перша група способів, тобто вирішується пряме, або зворотне прогнозування.

1) Пряме прогнозування. При аналітичному прогнозуванні, з припущенням зв'язків між характеристиками $y(x_1, x_2, \dots, x_k, t_i)$, $t_i \in T_1$; $i = 0, 1, \dots, n$ й $y(x_1, x_2, \dots, x_k, t_{n+j})$; $t_{n+j} \in T_2$; $j = 1, 2, \dots, m$, причому $T_1 \cup T_2$, і одержуючи значення $y(x_s, t_i)$, знаходять аналітичний опис залежності $y(x, t_{n+j}) = \varphi[y(x, t_i)]$. Це дозволяє визначити характеристики процесу на будь-який момент часу $t_{n+j} \in T_2$, $j = 1, 2, \dots, m$,

де $P_y(t_{n+j})$ - прогнозна ймовірність; $f_{ti}(y)$, $f_{ti}(x)$ - щільності розподілу ймовірностей параметрів процесу x_s ; φ_1 , φ_2 - відповідні функціональні залежності.

2) Зворотне прогнозування. Його ідея полягає у визначенні часу $t_{ж} = t^*$, коли характеристика процесу $y(x, t)$ або його ймовірність $P(y)$ досягають граничних параметрів.

При зворотному прогнозуванні у вираз $y(x, t_{n+j}) = \varphi[y(x, t_i)]$ додається граничне значення $y^*(x)$. Таким чином отримане рівняння вирішується відносно $t_{n+j} = t^*$, тобто перебуває t^* у виді.

Друга група способів класифікується за напрямом аргументу. Вона включає

три способи, що мають назву прогнозування вперед і назад.

3) Прогнозування вперед – пов'язане з визначенням стану в наступні моменти часу. На основі передісторії визначається ситуація у майбутньому. За цим для тимчасового аргументу $y(x, t_i)$ і $y(x, t_{n+j})$ дотримується умова: $t_0 < t_1 < \dots < t_{n+m}$, тобто аргумент завжди зростає.

4) Прогнозування в сьогоденні – відповідає завданню прогнозування за таким відходом: нехай в результаті контролю отримана обмежена вибірка $\{x\}_l$ про стан множини $\{x\}_L$. Необхідно оцінити стан усієї множини $\{x\}_L$. При цьому необхідно екстраполювати властивостей вибірки на властивості сукупності.

5) Прогнозування назад – необхідно оцінити процес у минулому на основі інформації, яка була отримана в певний час. Ці завдання виникають, коли по певних причин не можна визначити величину $y(x, 0)$. Відмінність у вирішенні таких завдань полягає в тім, що необхідно переставити місцями області $[0 \dots t_n]$ й $[t_{n+1} \dots t_{n+m}]$, при цьому значення аргументу не зростають, а убувають. Подібна постановка подібна генезису і має назву генетичним прогнозуванням.

6) Індивідуальне прогнозування – приклад, прогнозування зміни стану технічних виробів. Для прогнозу досліджується функція стану $y(x, t)$ індивідуального зразка виробу в області T_1 . За цим здійснюється оцінка поведінки функції в області T_2 .

7) Групове прогнозування – розглядається група процесів і аналізуються їх статистичні характеристики, а саме середні значення, елементи коваріаційних матриць, отримані в області T_1 .

Методів вирішення завдання прогнозування мають загальну рису: виявлення екстраполяційних зв'язків, які діють між минулими подіями і майбутніми подіями, а також між інформацією про процес у контрольований період і характером процесу у наступні періоди.

Характер екстраполяційних зв'язків визначає апарат прогнозування. Від того, наскільки точно описані зв'язки залежить точність прогнозування. Ці зв'язки можуть бути детермінованими, квазидетермінованими, верогібнодетермінованими

тому часто завдання вирішуються при комбінуванні методів і напрямків прогнозування. Перспективним у цьому плані є спільне використання статистичної класифікації й аналітичного прогнозування.

Успішність вирішення завдання прогнозування залежить від: обсягу, якості інформації про процес; точності формулювання завдання, методу її рішення; наявності обчислювальних засобів відповідно до обраного методу.

1.5 Показники якості прогнозування

Для обґрунтування вибору методу прогнозування, необхідно мати можливість оцінити якість прогнозування і застосуванням конкретного методу.

Кожен метод бажано супроводжувати значенням показника якості. Він змінюється в залежності від формулювання завдання та умов його рішення. Це достатньо важко.

В кожному випадку можливі різні методи і кожний з них характеризується рядом показників якості, які змінюються при зміні формулювання завдання й умов виконання прогнозування.

До важливих показників якості прогнозування відносяться:

Точність прогнозування K_T – характеризує ступень відповідності величини, отриманої в результаті прогнозу і дійсної величини. Вимірюється він величиною помилки $\Delta\varphi$, рівної різниці між величиною $\varphi_{пр}$, як результат прогнозу, і дійсною, величиною φ : $\Delta\varphi = \varphi_{пр} - \varphi$. Якщо здійснюється імовірнісне прогнозування, то помилка $\Delta\varphi$ має випадковий характер.

Вона представляється двома показниками, а саме: середнім значенням $M^{\Delta\varphi}$; дисперсією $D^{\Delta\varphi}$.

На практиці часто точність прогнозування оцінюється інтервалом прогнозованої величини та ймовірністю того, що в інтервал потрапить дійсне значення величини. Точність і вірогідність, є взаємозалежними поняттями. Під вірогідністю розуміють надійність прогнозу.

Швидкість прогнозування $K_{ш}$, це витрата часу на виконання процедури прогнозування. Різновидом є відношення тривалості прогнозування до тривалості, на яке воно поширюється.

Вартість прогнозування $K_{в}$, це витрата матеріальних засобів на прогнозування. Тобто на створення обладнання і на його експлуатацію.

Показник якості прогнозування, який вказує на те, наскільки збільшився обсяг інформації про об'єкт в результаті прогнозування

$$K_s = \frac{\sum_{i=1}^n (H_{0i} - H_i)}{\sum_{i=1}^n H_{0i}}, \quad (1.4)$$

де H_{0i} й H_i - початкова та кінцева ентропії.

Ентропія – міра невизначеності стану об'єкта

$$H(x) = - \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (1.5)$$

де p_i - імовірність i -го стану об'єкта, n — кількість можливих станів.

Повнота прогнозування $K_{п}$ – відношення кількості параметрів контролю, до загальної кількості параметрів, які визначають працездатність $K_{п} = n/N$.

Ефективності прогнозування $K_{е}$ – наскільки покращилися експлуатаційні характеристики виробу в результаті прогнозу. Є узагальненим показником якості прогнозу. Показник $K_{е}$ буде різним для різних об'єктів. У випадку, коли метою прогнозу є підвищення надійності, показником ефективності буде абсолютна, або відносна зміна величини надійності в результаті прогнозу. Це також може бути відносна зміна коефіцієнта готовності виробу $K_{г}$

$$K_e = (K_{r2} - K_{r1}) / K_{r1}, \quad K_r = T_0 / (T_0 + \tau). \quad (1.6)$$

Тривалість відновлення τ скорочується при прогнозування. Тому K_{r2} може бути близьким до одиниці, одночасно відносний показник ефективності буде тим більше, чим менше початкова величина коефіцієнта готовності.

1.6 Огляд і оцінка аналогічних інформаційних систем

Сучасний етап розробки засобів діагностики є наслідком розвитку комп'ютерних технологій. В цей час з'явилися цифрові аналізатори спектра, які дозволяють вести паралельно фільтрацію частотних складових вібрацій.

Внаслідок цього є можливість використання обладнання спочатку експертних програм, а потім програм автоматичного діагностування та прогнозування стану обладнання і їх вузлів.

Поява персональних комп'ютерів також дало початок розробці нових інформаційних технологій. А саме на базі статистики та методів розпізнавання образів. Вони використовуються у віброакустичної діагностиці.

Одночасно виникла проблема зворотного характеру, яка полягає у наступному – вибір засобів діагностування, відсутність стандартів, вимог в області розробки ІТ-технологій для забезпечення спектрального аналізу привели до того, що в фахівець змушений керуватися другорядними параметрами (близькість представництв дилерів ціна та ін.), чим характеристиками (можливість прогнозування, удосконалення методів діагностування).

Далі наведений огляд декількох з таких систем.

1. Комплекс ПОС «Вояж» НПП «Міра». Це програмно-апаратний багатоканальний вимірювальний комплекс «Аналізатор сигналів - пакет обробки сигналів». Він розроблений підприємством "Міра" разом з ЗАТ "L-card". Він побудований для переносного комп'ютера. Дозволяє використати весь комплекс програм, які працюють на комп'ютері IBM.

«Аналізатор сигналів ПОС» являє прилад, що може використатися як:

- пристрій вводу зовнішніх сигналів, дозволяє одночасно сигнали різноманітніших типів із набору датчиків;
- прилад для мобільних систем моніторингу;
- прилад з дослідницьких лабораторій;
- прилад вібраційного контролю;
- прилад з реалізації адаптивного алгоритму для діагностики дефекту.

В комплекті з аналізатором можна одержати комплект вимірювальних приладів і засобів контролю. Це можливо дякуючи спеціалізованому програмному забезпеченню, яке реалізує функції цих пристроїв.

На сьогоднішній є: динамічний аналізатор; збирач; магнітограф; віброметр; інтелектуальний осцилограф; прилад для розрахунку частот об'єкта; тензоаналізатор; прилад для розрахунку коливань лопаток; віброаналізатор спектра; балансировщик.

Аналізатор є засобом для досліджень та аналізу. А надає такі можливості: керування апаратними засобами, програмування й тестування; подання інформації в графічному, а також в табличному виді; алгоритми обробки: цифрова фільтрація, спектральний, кореляційний, інтегрування, диференціювання; віброаналіз; документування зображення; командний режим дозволяє шляхом написання в ньому програм зручно реалізувати протоколи обробки; архівацію інформації й результатів обробки.

Командний режим ПОС -, це інструмент для реалізації у методів та алгоритмів. Макромова ПОС включає 240 процедур і дозволяє створювати свої віртуальні прилади.

Набір основних алгоритмів ПОС містить алгоритми:

- цифрової фільтрації;
- спектрального аналізу;
- взаємо-спектральний аналіз.

Комплекс ПОС має недоліки: відсутність засобів перетворення даних у файли

різних форматів; неповнота та обмеженість засобів апроксимації; відсутність інтелектуальних засобів моделювання.

2. Система «ДІАГНОСТИКА+».

Версія системи «Діагностика» була розроблена ще у 1998 році.

Її створенню передував період роботи над проблемами з розробкою систем автоматизованого проектування трансформаторів і електричних машин. За цим система «Діагностика+» еволюціонувала до версії 5.3.1.

Вона складається із таких підсистем: паспортизації; експертизи.

Перша дозволяє налаштовуватися на інфраструктуру підприємства. Це робиться за допомогою ієрархічного відображення зв'язків між об'єктами. В ній забезпечується введення даних про обладнання (паспортних даних та результатів випробувань), формування запитів, виведення графічних залежностей.

Експертна підсистема містить базу знань і «машину виведення». В базі знань зосереджують дані з різних документів, досвід кваліфікованих фахівців. Для формалізації інформації розроблена мова Z+, використання кінцевим користувачем.

Призначення машини виведення – формування з наявного набору правил, їх кількість для окремих видів обладнання досягає декількох сотень, алгоритму, вид якого визначається вихідними даними.

Реалізація сформованого алгоритму завершується виведенням протоколу. У ньому містяться відомості про об'єкт і проведене випробування. Крім того – оцінка стану об'єкта та рекомендації до його експлуатації.

Разом з оцінкою стану обладнання можливе підключення підсистеми моніторингу обладнання.

Комплекс «Діагностика+» функціонує під керуванням Windows 9x/2000/XP. Вимоги до забезпечення для розміщення програми: Pentium III 500, 64 Мб вільного місця на диску.

Комплекс «Діагностика+» дає змогу: зберігати паспортні дані обладнання,

дані вимірювань, випробувань, дані про істотні події; забезпечувати швидкий пошук інформації в базах даних на запит; проводити оцінку стану електрообладнання за результатами випробувань; видавати рекомендації з експлуатації об'єкта та термінів проведення наступних випробувань; протоколювати результати випробувань; графічно інтерпретувати "історію життя" об'єкта та динаміку зміни його стану ; формувати й додавати до бази нові правила; використовувати альтернативні методики випробувань; виводити на друк паспортні дані обладнання та журнали; формувати зведений протокол; формувати комплексний протокол за всіма видами випробувань; планувати проведення ремонтів і протоколювати їхній обсяг; контролювати регламентні заходи; визначати граничні значення контрольованих параметрів.

Комплекс «Діагностика+» (версія 5.1) був розроблений з використанням програмного продукту фірми Borland - Delphi Enterprise версії 7.0.

Система працює з базою даних у локальній мережі підприємства в режимі “клієнт-сервер”. У якості сервера використовується СУБД FireBird. Клієнтами можуть бути комп'ютери у локальній мережі.

Для генерації звітів використовуються Microsoft Word і Microsoft Excel.

Система побудована за принципом відкритих систем. Вона може розвиватися без участі працівників.

Користувач «Діагностики+» може створювати таблиці, змінювати їх структуру, додавати індекси, редагувати форми.

Якщо можливостей вбудованого редактора виявиться недостатньо, то форми можна створювати із застосуванням мови програмування в Delphi.

Можливе розширення мови Z+ в експертній системі, за допомогою бібліотек. Як інструмент створення баз даних використаний продукт фірми HK-Software – IVExpert.

Комплекс «Діагностика+» може інтегруватися в системи керування MES, EAM, ERP тощо. Крім того вона може взаємодіяти з модифікаціями SCADA-систем.

Інформаційна система функціонує з багатьма користувачами на декількох підприємствах з єдиною розподіленою БД. Потoki даних циркулюють у локальних мережах підприємств. До серверів бази даних передаються тільки зміни. У рамках локальної мережі користувачі працюють з одним сервером БД.

Дані в базу надходять шляхом: діалогу; зчитуванням інформації із хроматографів; передачі даних з БД.

БД містить таблиці, які можна групувати у такий спосіб: паспортні дані обладнання, дані про структуру підприємства, місце встановлення обладнання; дані про випробування; дані про ремонти; довідкова інформація, для проведення діагностичних експертиз; довідники, класифікатори, кодифікатори, база діагностичних правил та експертиз; системна інформація.

Чотири групи таблиць мають загальний характер і використовуються суб'єктами системи.

Особливість БД у тім, що інформація передається в одному напрямку, а саме з філій до центру, а загальна інформація, навпаки.

Ієрархічна реплікація виконана так – приведення у відповідність БД у деревоподібній мережі тобто ієрархічна реплікація.

При ієрархічній реплікації зміни передаються від сервера до сервера послідовно, а також поступово охоплюють всю мережу.

При ієрархічній реплікації обмін змінами здійснюється з одним сервером вищого рівня, а також підлеглими серверами, нижчими.

Реплікація виконується пакетами, зміни накопичуються на серверах та передаються на центральний сервер.

У своєю чергу зміни проведені на центральному сервері, надсилаються підлеглим серверам.

До системи «Діагностика+» додається програмний компонент-сервер реплікацій. В ньому здійснюється: налаштування реплікацій; підготовка пакетів змін; прийом пакетів; внесення їх до баз даних; контроль за виконанням змін; контроль за цілісністю бази даних.

Зміни накопичуються в системній таблиці - журналі змін. При внесенні змін у БД спрацьовує тригер сервера, який фіксує в журналі факт зміни.

В журналі фіксуються зміни та системних таблицях, крім змін у журналі. Система побудована так, що в журналі фіксуються всі зміни: не важливо, якою програмою вони зроблені, це можуть бути програми, які входять до системи «Діагностика+» та інші. Під захистом залишається тільки структура БД.

Сторонні програми не можуть вносити зміни до структури, а також до наявних таблиць у БД.

Використання єдиної інформаційної системи «Діагностики+» забезпечує об'єднання всіх відомостей в БД центральної служби та узгодження БД, що ведуться на різних підприємствах.

1.7 Висновки

Ефективність роботи підприємств на пряму залежить від технічного стану і якості функціонування устаткування.

У наш час на підприємствах одержали поширення два види обслуговування обладнання, а саме:

- обслуговування після виходу з ладу;
- обслуговування за регламентом.

За цим обидва ці методи не є задовільними. У разі ремонту обладнання після його непередбаченої поломки підприємства несе значні економічні затрати за несанкціоновану зупинку й час простою устаткування. Часто це приводить до того, що поломка однієї складової процесу приводить до припинення виконання всього виробничого процесу.

Використання на підприємствах систем ППР із урахуванням статистичних показників надійності стримує зниження затрат на експлуатацію обладнання.

В цьому випадку не повно вирішується питання строків проведення технічного обслуговування (ТО), а також ремонту обладнання з урахуванням його

властивостей і стану на конкретний момент часу.

Крім того, необґрунтовані втручання вносять непередбачені дефекти у стан об'єктів. Застосування цього методу приводить до додаткових затрат, які викликаються передчасною заміною ще можливо працездатних деталей і можливим розвитком ще невиявлених ушкоджень.

Впровадження методів діагностики надійності роботи обладнання дозволять проводити ремонт і технічне обслуговування з урахуванням їх стану.

При прогнозованому технічному обслуговуванні – обслуговуванні по фактичному стану, проведення упереджувальних ремонтів виконується в міру необхідності. При цьому виконується контроль стану за допомогою діагностики, і технічне обслуговування здійснюється тільки тоді, коли це викликано технічним станом вузлів устаткування.

При використанні даної концепції необхідно вчасно виявити зміни у параметрах і властивостях об'єктів, оцінити причину їх виникнення, і вчасно вжити необхідних заходів.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

2.1 Порядок ідентифікації технічного стану обладнання

У проблемі використання інформації про технічний стан машин, обладнання і устаткування доцільно виділити три рівні адекватності оцінок.

1. Перший рівень - це ідентифікація технічного стану за показниками надійності, тобто за параметрами відмов або частоти виконаних відновлень.

2. Другий рівень – це ідентифікація технічного стану за характеристиках дефектів та ушкоджень, які виявлені у певні моменти часу.

3. Третій рівень – це ідентифікація стану по постійно контрольованих параметрах, це характеризує технічний стан елементів устаткування.

Реалізація третього рівня можлива тільки за наявності достатньо досконалих діагностичних систем та адекватних математичних моделей зв'язків між контрольованими параметрами й технічним станом обладнання.

Другий рівень є більш доступним і вимагає інформації з виявлених дефектів та ушкоджень, а також моделей динаміки їх розвитку.

Реалізація першого рівня пов'язана з достатністю статистичного (регресійного, кореляційного) матеріалу.

Ухвалення рішень з введення регламенту технічного обслуговування та ремонту залежить від технічного стану устаткування.

Регламент технічного обслуговування та ремонту, як система правил, що визначають технологію, обсяг, методи, засоби та періодичність ремонтів, залежить не тільки від технічного стану устаткування. На нього впливає значимість устаткування в технічній системі та конкретні умови її функціонування, у тому числі ремонтного характеру, наприклад, ступінь оснащеності ремонтної бази, наявність ресурсів.

Перераховані рівні ідентифікації технічного стану є трьома рівнями оцінки функції надійності.

Перший рівень відповідає нульовому наближенню. Це коли апріорна інформація відсутня.

Другий рівень відповідає випадку, коли заданий функція випадкового процесу накопичення ушкоджень конкретного виду.

Третій рівень – це коли прогноз здійснюється для кожної окремої реалізації випадкового процесу розвитку відмов.

Використання рівня визначається точністю прогнозу та наявністю належних технічних засобів й програмного та інформаційного забезпечення.

В загальному виді завдання визначення часу ремонту обладнання підприємства містить наступні стадії:

- визначення складу обладнання в ремонті з урахуванням технологічних його взаємозв'язків;
- визначення системних обмежень;
- визначення потреби обладнання в певному обсязі ремонту;
- визначення обмежень по строках і затратах;
- узгодження системних та внутрішніх обмежень;
- підготовка графіка ремонтних робіт, який включає строки.

Сутність цього завдання полягає у визначенні ремонтних програм устаткування з одночасним використанням нормативної бази, а також результатів оцінок технічного стану обладнання.

Таке сполучення інформації дозволяє повно використати інформацію про технічний стан устаткування, отриману за допомогою системи діагностування і експертними оцінками.

Ремонтними програмами є графіки та строки виконання ремонтних робіт, які найбільше повно відбивають динаміку зміни стану устаткування.

Діагностичними параметрами можуть бути такі:

- наробіток до відмови, моменти часу відновлень, закони розподілів

параметрів, пов'язаних з ремонтами;

- наробіток до появи ушкодження, моменти часу відновлення, закони розподілу появи ушкодження;
- моделі розвитку ушкодження, мають стохастичний характер розвитку гранично припустимого рівня ушкодження.

Критерієм оптимальності при вирішенні задач планування ремонтів машин і обладнання є мінімум затрат, які включають затрати на виконання ремонтів, а також збиток від можливих аварій.

Основним критерієм оптимальності плану ремонтів є максимальне заповнення ремонтної площадки. Тобто ефективне використання ремонтного резерву.

За такої постановці весь парк устаткування розбивається на ремонтні елементи Π_i . Найменшим ремонтним елементом може бути одиниця обладнання та його певна складова частина.

Елементи Π_i можна групувати за ознаками приналежності до конкретної технологічної системи, технологічному комплексу: котельна установка, турбінна установка тощо, по функціональному призначенню: групи насосів, електродвигунів; конструктивним особливостям, або виготовлених одним виробником.

Такі групування необхідні для розв'язання задач підготовки до ремонту, а також оцінки надійності. У цей спосіб формуються вказані множини $\{\Pi_i\}$.

Вони є пересічними, за тим, що ті самі елементи, тобто одиниці обладнання, можуть потрапити до різних підмножин в залежності від методу планування та сутності завдання, наприклад: планування потреби в запасних частинах; різних матеріалах може розроблятися для схеми планування трудозатрат, як по ієрархічній порядку ремонтних елементів, а також і із групуванням обладнання за типами, виготовлювачем та іншими методами угруповання.

Кожен елемент Π_i характеризується індивідуальною ремонтною програмою R_i – за тимчасовою та кількісною закономірністю виконання ремонтних робіт.

При цьому ремонтна програма відбиває реальний технічний стан обладнання та може змінюватися в часі.

$$R_i(t)=f(\Pi_i)=f(\text{текс}), \quad (1)$$

де текст - тривалість експлуатації.

Кожному елементу надається адреса і масив інформації, яка обумовлена завданням, наприклад: завдання планування матеріалів; перелік та витрати матеріалів.

Завдання оптимізації та планування обсягів ремонтів зводиться до визначення точок останнього виконання ремонтних робіт, нормального та змінного обсягів і визначенню складу операцій, які попадають у планований період.

Інформаційна модель для даного завдання представляється зв'язним графом, вершини якого являють адреси ремонтних елементів, ребра – умови входимості.

Якщо немає математичних залежностей, які характеризують інтенсивність вичерпання ресурсу обладнання, то рішення приймається на рівні управління підприємством за експертними оцінками фактичного стану обладнання та можливості виконання ним роботи в найближчий інтервали планування.

Базовою точкою буде вважатися факт останнього виконання роботи. Якщо ресурс елемента перевершує тривалість ремонтного циклу у 2рази чи більше порівняно із життєвим циклом об'єкта, роботи переводяться в розряд разових робіт, їх імовірність близька до нуля.

У разі, якщо є результати діагностики стану і відомі залежності зміни у часі ресурсів елементів, дата їх виконання встановлюється з урахуванням конкретної ситуації в системі технічного обслуговування та ремонту.

За базову точку приймається або початок експлуатації об'єкта контролю, початок нової стадії життєвого циклу післяремонтному циклі, або дата останнього виконання роботи.

За тим як сформований обсяг ремонтних робіт, виконується розрахування

видів затрат з використанням бази нормативів. Матеріальні а також трудові затрати можуть бути згруповані за різними ознаками в залежності від інтересів користувача.

Таким чином, потреба обладнання у виконанні ремонтних робіт розраховується та уточнюється з урахуванням відомостей, які доповнюють нормативну базу та характеризують реальний технічний стан обладнання.

Управління підприємством являє безперервну розробку управлінських рішень та реалізація їх на практиці. Від ефективності цих рішень залежить успіх справи. Перш тим ніж починати справу, необхідно визначити мету дій.

В процесі виробництва часто стикаються з критичними проблемами. Від того, на скільки оптимальним буде хвалене рішення, буде залежати кінцевий фінансовий результат роботи підприємства.

Потреба в рішенні виникає тільки за наявності проблеми, яка характеризується двома станами: бажаним; фактичним.

Прогнозування буде точкою в процесі ухвалення рішення. Неузгодженість між станами потребує розробки управлінського рішення й контролю за його реалізацією на практиці

Для того щоб прогнозування було ефективним, мета його прийняття повинна бути конкретною. Для кожної мети повинні бути критерії, які дозволяють оцінити ступінь достовірності досягнення мети.

Без цих критеріїв не можлива реалізація однієї з основних функцій управління, а саме контролю. Виходячи із цього мета, ступінь досягнення якої можна кількісно виміряти, буде краще мети, сформульованої лише словесно.

Прогнозування - це вміння передбачати, аналізувати ситуації й визначати очікуваний хід її зміни в майбутньому. Кожне рішення - це проекція на майбутнє, майбутнє - елемент невизначеності. За цим важливо правильно визначити ступінь ризиків реалізації ухвалених рішень.

Метод прогнозування, це метод дослідження об'єкта прогнозування, спрямований на розробку прогнозу поведінки об'єкту у перспективі.

Сукупність правил, методів, прийомів становить методику прогнозування.

На теперішній час найбільше поширення у світі одержали кілька методів прогнозування: тимчасових рядів: методи Бокса-Дженкінса (ARIMA, ARMA); регресійні; група економетричних методів.

2.2 Методика прогнозування

Моніторинг технічного стану обладнання, заснований на вібродіагностиці, практикується в різних галузях промисловості кілька десятиліть. При цьому використовуються стандарти, основані на нормуванні вібрації в залежності від потужності агрегату, маси, певних частот обертання ротора, висоти осі обертання ротора.

Оскільки методи ведення вібромоніторингу постійно вдосконалюються, то відбувається періодична зміна стандартів за їх певних недоліків.

В силу недостатньої вивченості багатьох питань у сфері динаміки машин, а саме строгий висновок загального критерію оцінки вібрації та складність його використання для застосування роблять це завдання таким, що його важко реалізувати.

При підготовці норм експлуатаційного моніторингу вібрації, як критерій використовують один з кінематичних параметрів, а саме: віброприскорення, віброшвидкість; вібропереміщення, по яких здійснюють оцінювання технічного стану машини, устаткування.

Метою експлуатаційних норм вібрації є контроль його технічного стану обладнання в процесі його експлуатації. Тобто це рішення діагностичного завдання, а саме – створення таких умов експлуатації, за яких була б можливість своєчасного виявлення навіть незначних ушкоджень, виявлення ушкоджень на початковій стадії їх виникнення.

Вирішення цього завдання потребує забезпечення мінімального рівня вібрації обладнання, машини, агрегату.

Різноманітність методів та критеріїв оцінки стану машин та обладнання робить складним порівняння різних галузевих керівних документів та стандартів. Характерним є те, що навіть підприємствах які співпрацюють їх фахівці з вібродіагностики часто застосовують для одних і тих агрегатів різні критерії для оцінки і контролю вібрації. Це свідчить про те, що існуючі галузеві керівні документи та стандарти далеко не відповідають вимогам фахівців з вібродіагностики на підприємств. Останні змушені самотійно, виходячи зі свого накопиченого досвіду, установлювати критерії та норми, які відповідають вимогам конкретних машин, обладнання, устаткування.

Не існує також єдиного комплексу критеріїв оцінки стану обладнання, який підходить не тільки для конкретного класу обладнання, але навіть для його типу й типорозміру. Через розходження в конструкції та умовах експлуатації обладнання кожен агрегат має свої критерії й норми оцінки стану.

Надійність системи вібромониторінгу залежить від методів оцінки технічного стану агрегату. Тобто способів визначення допустимих значень вібрації та параметрів вібрації, які інтегровані в програмне забезпечення, яке здійснює аналіз.

Головні алгоритми оцінки стану обладнання, які є на ринку програмного забезпечення забезпечують визначення стану на загальному рівні вібрації, в порівняно вузькій смузі частот або по амплітуди вібрації.

Оцінка стану обладнання по загальному рівню вібрації.

Розроблені міжнародні стандарти міжнародні, так як FDJ 2056, ISO 2372, ISO 3945, а також вітчизняні а також методичні рекомендації на граничні рівні вібрації засновані на допущенні, того що подібні за потужністю, висоті осі обертання та частоті обертання ротора, способам їх установки, умовам монтажу та поточної експлуатації машини мають приблизно однакові допустимі значення вібраційних наваг навантажень.

В процесі оцінювання вібрації машин з обертовим ротором за нормовані параметри у більшості випадків установлюється один з наступних параметрів:

- середньоквадратичне значення вібросшвидкості, V_e [мм/з];
- середньоквадратичне значення вібросшвидкості в октавній смузі частот, що включає в частоту обертання ротора, V_{eo} [мм/з];
- середньоквадратичне значення вібросшвидкості на елементах кріплення агрегату до фундаменту на місці установки, V_{ef} [мм/з];
- пікове значення вібропереміщення, S_3 [мкм].

Так відповідно до одного із стандартів оцінка інтенсивності вібрації при приймальних, періодичних, кваліфікаційних, типових, приймальних випробуваннях електричних машин із частотою обертання 3000 об/хв. і масі ротора до 2000 кг повинна відповідати величинам, вказаним у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристик для оцінки вібрації в агрегатах

Нормовані параметри вібрації	Строк експлуатації не обмежений	Обмежений строк експлуатації	Експлуатація неприпустима
СКЗ вібросшвидкості V_e , мм/з	до 4,5	4,5...7,1	понад 7,1
СКЗ вібросшвидкості V_{eo} , мм/з	до 3,3	3,3...5,2	понад 5,2
СКЗ вібросшвидкості V_{ef} , мм/з	-	-	понад 2,0

Інший стандарт «Методи виміру та припустимі значення, при приймальних, періодичних, кваліфікаційних, типових, випробуваннях», регламентує визначати:

- для електричних машин із частотою 600 об/хв. середньоквадратичне значення вібросшвидкості опор підшипників;
- для електричних машин із частотою менш 600 об/хв. пікове значення вібропереміщення, допустимі значення яких наведені в таблиці 2.2.

В кожній галузі розроблені та застосовуються свої нормативно-методичні рекомендації. Наприклад, рекомендації із проведення діагностичних вібровимірювань компресорних машин та насосних агрегатів Міністерства хімічної й нафтопереробної промисловості (затверджені у 28.11.91), які рекомендують у якості методичного документу при організації вібродіагностики на

підприємствах Державним комітетом з нагляду за безпечним веденням робіт у промисловості й гірському нагляді регламентують оцінювання технічного стану вузлів центральних компресорних станцій по інтенсивності абсолютної вібрації корпусів «Відцентрові компресорні агрегати, норми вібрації» визначати відповідно до даних, наведених у таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Пікові значення вібрації

Частота обертання, про/хв	Середнє квадратичне значення вібросшвидкості v_e , мм/з	
	Спосіб установки	
	Пружна підвіска	Тверде закріплення
Від 600 до 1800	2,8	2,8
Понад 1800 до 3600	4,5	2,8
Для осьової складової вібрації підшипників, що не є завзятими	4,5	4,5
Припустиме значення вібросшвидкості сердечника статора	4,5	4,5
	Пікове значення вібросшвидкості опор підшипників, S_3 мкм	
Менш 600	50	50

Таблиця 2.3.

Інтенсивність вібрації, СКЗ вібросшвидкості (мм/с)	Оцінка технічного стану			
	Паропровід	Електропривод	Мультиплікатор	Компресор
до 1,8	Відмінно	Відмінно	Відмінно	Відмінно
від 1,8 до 2,8	Добре			Добре
від 2,8 до 4,5	Припустимо	Добре	Добре	Припустимо
від 4,5 до 7,1	Необхідні заходи	Припустимо	Припустимо	
від 7,1 до 11,2	Недопустимо	Вимагає вживання заходів	Вимагає вживання заходів	Вимагає вживання заходів
понад 11,2		Неприпустимо	Неприпустимо	Неприпустимо

– «Відмінно», «Добре» - оцінка якості ремонту, припустимо при прийомних випробуваннях після ремонту;

- "Припустимий" - бездефектний експлуатаційний стан;
- "Вимагає вживання заходів" - необхідність проведення заходів щодо виявлення дефекту, посиленню контролю, планомірному висновку в ремонт;
- "Неприпустимо" - експлуатація не допускається.

Оцінка стану машин по піковому, або середньоквадратичному значенню віброшвидкості у всьому частотному діапазоні має три істотних недоліки:

- не можуть бути враховані вібрації технологічних і режимних відхилень;;
- рівень вібрації визначається у фіксованій смузі частот, для більшості віброметрів у діапазоні від 10 Гц до 1 КГц, це в принципі не може забезпечити високого ступеню чутливості на початковій стадії розвитку дефекту.

– граничні значення вібрації визначаються за результатами статистичного аналізу вібростану груп обладнання, або однотипних машин при експлуатаційних умовах та встановлені однаковими для всього класу подібних машин та агрегатів, у той же час, як є експериментальні дані про однакові дефекти на однотипних машинах можуть збуджувати вібрації, рівні яких розрізнятися в 100 разів, в результаті розходження значень передатних функцій.

Найважливішим недоліком оцінки стану устаткування по загальному рівні вібрації є те, що він нечутливий до змін низкорівневих частотних складових складових з малими енергіями в коливальному процесі, вібросигналу, характерних, для ряду, що зароджуються та розвиваються дефектів підшипників, зубчастих передач, електричних та дефектів.

У разі якщо оцінка стану машини по загальному рівню вібрації спрямована на виявлення високоенергетичних дефектів, таких як порушення центрування, або дисбаланс, зміни рівня вібрації на частотах з низькими рівнями будуть недостатні.

Для демонстрації вказаного вище можна привести приклад, наведений на рисунку. 2.1. На ньому показаний тренд вертикального компонента вібрації опори у продовж семи місяців експлуатації, а також нанесені допустимі величини відповідно до одного з Державних стандартів.

При такому СКЗ віброшвидкості строк експлуатації машини чи агрегату не

обмежується. Але у разі розглядання динаміки зміни спектрів вібрації цієї ж опори (рис. 2.2) з часом, то видно, що незважаючи на деяке зменшення вібрації, на частотах 50 й 100 Гц, відбулося збільшення віброшвидкості у 10 разів, на деяких частотних складових у діапазоні частот 200-600 Гц за всього 45 днів.

Таким чином видно розвиток дефекту підшипника кочення необхідно приймати заходи для спостереження за агрегатом і необхідно планувати його ремонт.

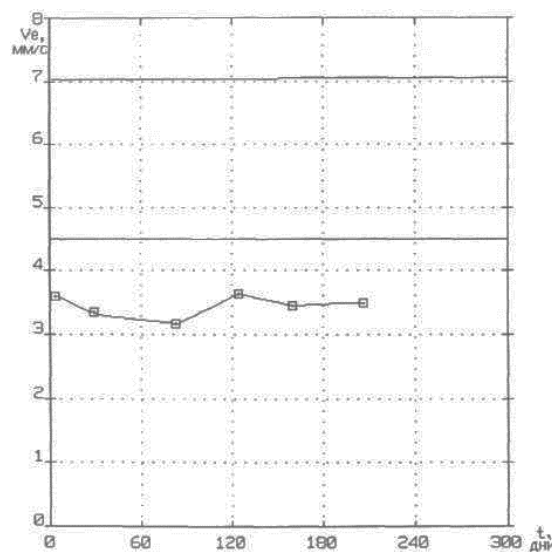


Рисунок 2.1 – Тренд СКЗ віброшвидкості у вертикальному напрямку підшипника двигуна в діапазоні частот 10-1000 Гц.

На рисунку 2.3. показана зміна рівня вібрації та вібрації в діапазон 6-10 Гц на протязі сім місяців експлуатації, та нанесені допустимі значення вібрації за загальним стандартами.

Небажане величина стану машини тільки за рівнем вібрації налагодженому на «низкорівневі» дефекти, як ряд дефектів підшипників кочення або зубчастих муфт, оскільки, безпечне збільшення дисбалансу викликає необґрунтовану «тривогу».

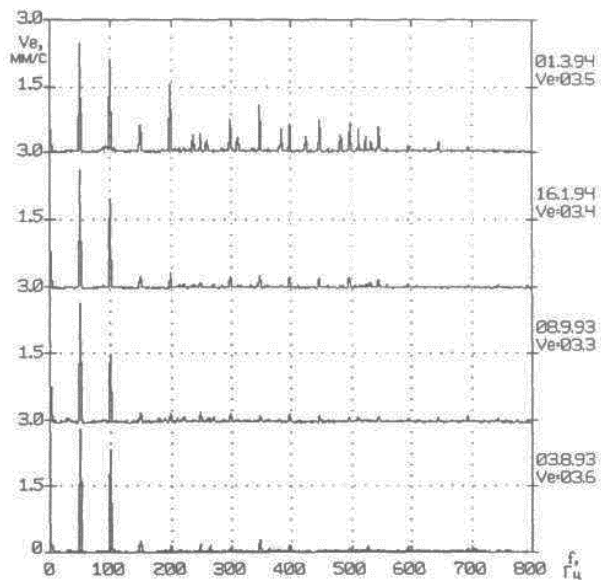


Рисунок 2.2 – Спектри віброшвидкості у вертикальному напрямку підшипника за сім місяців.

З цих причин, більшість фахівців з вібродіагностики використовують оцінку стану машин за загальним рівнем вібрації тільки для застосування більш чутливих способів оцінки стану агрегатів.

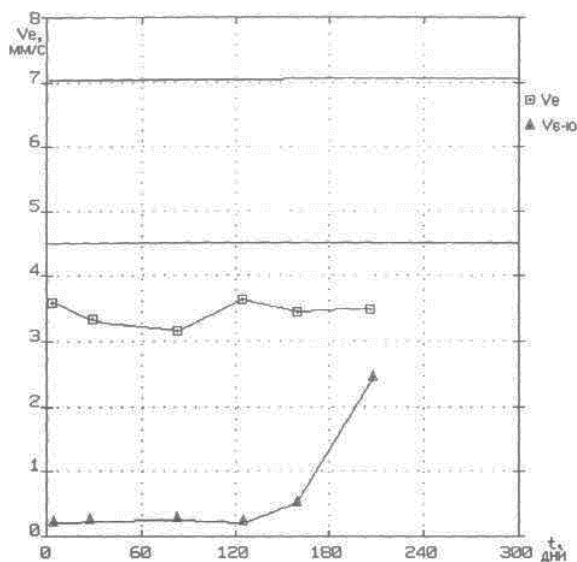


Рисунок 2.3 – Тренди СКЗ віброшвидкості опори підшипника ЕД у частотних діапазонах 10-1000 й 250-500 Гц.

Це дозволяє зробити висновок щодо невисокої ступені вірогідності розпізнавання стану машин тільки по загальному рівні вібрації.

При використанні цифрових віброаналізаторів та спеціалізованих ЕОМ можна робити моніторинг технічного стану обладнання за рівнем вібрації в частотній діпазоні доволіно заданої ширини та установки індивідуальних припустимих значень вібрації для кожної вимірювальної точки агрегату.

Оцінка стану за вібрацією, яка огинає спектр.

Цей метод заснований на протилежному, у порівнянні з визначенням за допустимою загальною вібрацією, способі порівняння параметрів вібросигналу з допустимими значеннями рівень вібрації на частотного складового поточного спектра вібрації рівняється рівню відповідної складової опорного спектру.

Опорний спектр можна побудувати двома способами:

- піддати статистичній обробці ряд вимірів;
- прийняти як еталон післяремонтний спектр.

Слід відмітити, що урахування побажань фахівців у формуванні еталонного спектра в готових програмних пакетах, які реалізуються на ринку, у багатьох випадках є обмеженим.

З цієї причини при оцінці технічного стану обладнання на основі аналізу зміни огибаючої спектра з'являються необґрунтовані «спрацьовування» тривоги. Це виникає тому, що вібрація обладнання з ротором небагато змінюється по частоті та амплітуді відносно певної лінії спектра із чіткою межі.

Флуктуація по частоті постійна частота обертання ротора агрегату майже недосяжна. Її невеликі флуктуації, з причини зміни навантаження, частоти мережі та ін. (2-8% f_r в асинхронних і до 1-2% f_r у синхронних електричних обладнання, приводять до зрушення першої та вищої гармонік частоти обертання ротора в спектрі частот спектральних ліній відносно еталонного.

Флуктуація по амплітуді – це явище означає постійну присутність аперіодичних стрибкоподібних змін амплітуд вібрації. Значення загального рівня і окремої частотної вібрації демонструють флуктуацію в часі навколо певної

величини. Потім без явної причини відбувається різкий перехід до нових величин з іншими величинами флуктуації. Зміни видно при моніторингу вібрації у високочастотній області спектра. Особливо вони характерні для «проміжних» частот, хоча амплітудні флуктуації можуть бути невеликі. Їх аперіодичний та «невипадковий» характер призводить до помилкової тривоги.

До істотних недоліків моніторингу по вібрації, який обгинає спектр, можна віднести – відсутність вихідних даних на початку моніторингу при обстеженнях нових та модифікованих машин або при відхиленні від режимів нормальної експлуатації.

З цих причин, оцінка стану по вібрації, що огинає спектр вважається, у найкращому разі, відносно надійним і достовірним методом аналізу.

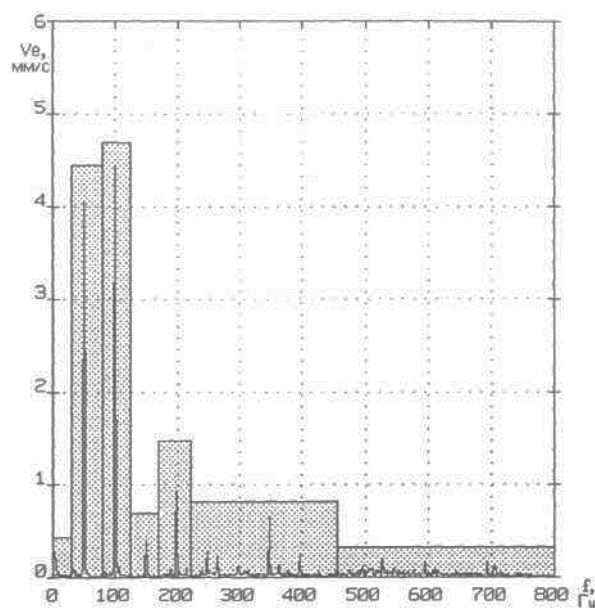


Рисунок 2.4 – Спектр віброшвидкості, розділений на 7 діапазонів з локальними припустимими значеннями

Оцінка технічного стану за параметрами в частотних смугах.

Цей метод розпізнавання технічного стану обладнання компромісний між оцінкою технічного стану по загальному рівні вібрації та по вібрації, яка огинає спектр. Він надає змогу довільно встановлювати положення а саме, ширину частотного діапазону та припустиме значення критерію, який рівняється з

поточними значеннями і далі будувати тренди параметра в діапазоні. Це надає можливість оцінювати та прогнозувати технічний стан обладнання. Кількість частотних діапазонів становить 6-18.

Декілька методів засновані на тому, що механічні дефекти у мірі розвитку генерують вібраційні дії у певних частотних діапазонах з відповідним співвідношенням величин характеризуючи параметрів. Наприклад, це амплітуди гармонік, спектра у певному частотному діапазоні. За ним можна встановити глибину модуляції високочастотної вібрації. Це визначається по ступені зношування деталей та вузлових елементів.

Локальні допустимі величини значення у частотних діапазонах можуть бути встановлені, як для «високоенергетичних» коливального процесу, які супроводжують дисбаланс, це діапазони 0,5-1,5 fr й 1.5...2.5 fr. Так і для порівняно «низькоенергетичних» коливального процесу, які супроводжують дефекти підшипника, діапазон 7,5-15,5 fr).

Інші діапазони можуть бути розміщені з метою попередження про:

- наявність порушень твердості, це діапазон 2,5-10,5 fr;
- «масляних» дефектів підшипників діапазон 0,1-0,9 fr;
- зубчастих муфт і зубчастих передач, електричних дефектів електроприводів.

В загальному виді, розпізнавання технічного стану обладнання у межах частотних смуг є методом модифікований оцінки технічного стану обладнання за вібрацією, яка огинає спектр. Він є найбільш точним і надійним методом, оскільки має ряд достоїнств.

Використання комп'ютеризованих систем моніторингу стану обладнання допускає індивідуальний підхід до кожного виду обладнання, методом паспортизації його вихідного чи середнього працездатного технічного стану та відстеження змін стану у часі. Це робиться на основі проведення періодичних вимірювальних операцій параметрів. Це забезпечує високу чутливість системи контролю до величини зміни технічного стану обладнання.

З іншої сторони, чутливість системи контролю підвищується за рахунок надання можливості розрахунку, відстеження та прогнозування величин трендів різних локальних параметрів, а саме: вібрації, температури, тиску.

Цей підхід передбачає відмову від відомих і стандартних припустимих значень та можливість визначення локальних індивідуальних критеріїв технічного стану обладнання, аж до кожної локальної вимірювальної точки кожної одиниці обладнання чи устаткування.

При визначенні «нормального технічного стану» обладнання можливе використання двох таких методів:

- прийняття за критерії «нормального технічного стану» отриманих даних вимірювань контрольних параметрів на новому, тобто тільки що змонтованому обладнанні, чи після капітального ремонту обладнання. В обох цих випадках, після обкатування обладнання і приробляння;

- визначення за критерії «нормального технічного стану» середньостатистичних величин контрольованих параметрів, отриманих при обробці даних певної кількості вимірів за періодами, для агрегатів, що працюють. Робиться це у стаціонарному режимі. Кількість вимірів за звичай шість та більше. Але при роботі машини у точно працездатному стані, тобто це середньо-нормальний стан обладнання.

Значна кількість стандартів, які регламентують допустимі величини вібрації, засновані на статистичній обробці достатньо великої кількості даних по різноманітним типам устаткування та обладнання різними по різним дослідним групам. В них має місце схожа градація за класами стану на основі рівнів в 4, 8 т тд. Дб, приблизно по 1.6, 2.5, ... разів.

Ці відносні величини використовують у якості розділів меж для сигналізації по інтенсивності вібростану устаткування і обладнання: нормальне, чи припустиме, чи обмежено-припустимого, та граничний стан).

Межа нормального стану визначається за звичай на 4,0 дб вище за вихідний, або середньо-нормального, чи за сумою середньо-нормальної величини та

дисперсії, визначеної за певним коефіцієнтом.

Вибір типу визначення межі нормального стану залежить від конкретного статистичного розподілу результатів вимірювань.

2.3 Інструментарій для оцінювання та надання прогнозу технічного стану обладнання

Завдання відбору обладнання та критерії оцінки ступені інформативності ознак дефектів.

На теперішній час визначено, що розпізнавання образів підвищеної складності доцільно проводити на основі їх опису, тобто опису в просторі ознак.

Вибір інформативної системи ознак, це важливе завдання у теорії розпізнавання. Однак, задовільного рішення, яке визначає порядок автоматичного відшукування ознак за допомогою обробки інформації, яка одержана на рівні абсолютного опису об'єкта контролю, поки ще не знайдено. Тому на теперішній час основним рішенням залишається автоматизований вибір інформативних ознак з деякої їх вихідної множини властивостей, які задаються евристично.

Від коректності рішення цього завдання залежать ступінь і кількість помилок на етапі іспиту та розпізнавання, швидкість та обсяг необхідної пам'яті пристрою розпізнавання.

На теперішній час відсутня точна формальна постановка завдання на виконання відбору ознак. У неформальних постановках цього завдання визначення інформативних ознак переслідує таку мету:

- зменшення кількості необхідних класів ознак без збільшення ймовірності помилки розпізнавання;
- використання простих алгоритмів розпізнавання;
- зменшення ймовірності помилки процедури розпізнавання і вибору рішень.

З вирішенням цього завдання звичайно пов'язані задачі спрощення системи

розпізнавання і підвищення якості роботи системи.

До формування інформативної системи ознак є два такі підходи.

1. Перший підхід полягає у тому, що з початку береться постановка на відшукання невеликої кількості ознак, але великої інформативності. Однак всі методи засновані на евристиці та емпіриці. Тобто вибір визначається інтуїцією користувача, досвідом та уявою розроблювача системи. Якою б вдалою не була сконструйована система ознак, вона все ж не може робити краще деякої іншої.

2. Другий підхід полягає у тому, що при великій кількості вихідних ознак відповідно до вибраного критерію інформативності вибирається як най менша кількість найбільш корисних ознак для розпізнавання.

Обидва цих підходів до формування інформативної системи ознак потребують визначення точних критеріїв оцінки інформативності визначених ознак.

На теперішній час розроблені різні критерії інформативності ознак, які засновані на використанні методів математичної статистики та теорії інформації. Найбільш визнанні з цих методів є методи, які відбивають відстані між розподілами класів об'єктів.

Зі всіх розглянутих підходів до формування інформативної системи ознак другий з них більше конструктивний. На його основі можна зв'язати критерій інформативності ознак з величиною імовірністю помилки розпізнавання образів.

Корисність ознаки у сукупності n ознак об'єктів визначимо по збільшенню величини ймовірності помилки ΔP при виключенні цієї ознаки з їх відомої вихідної сукупності

$$\Delta P = P - P', \quad (2.18)$$

де P – ймовірність помилки розпізнавання певних класів K_1 й K_2 для вихідної сукупності n ознак;

P' – повна ймовірність помилки розпізнавання класів K_1 й K_2 при виключенні

к-го ознаки з вихідної сукупності.

Залежно від знака збільшення ΔP можуть мати місце такі випадки:

- $\Delta P < 0$ - ка ознака корисна, за тим що його виключення з вихідного опису приводить до збільшення ймовірності помилки;
- $\Delta P = 0$ - к ознака непотрібна, за тим що його виключення з вихідного опису не змінює ймовірності помилки;
- $\Delta P > 0$ - к ознака шкідлива, за тим що без нього ймовірність помилки розпізнавання зменшується.

Такий підхід до критерію корисності ознак допускає використання конкретного правила вирішення, оскільки тільки в рамках її має сенс сама помилка розпізнавання.

Якщо кількість корисних або некорисних ознак не викликає нема сумнівів у тому, що підтверджується великою кількістю прикладів, то саме концепція «шкідливості» ознак здається спірною, однак вона не суперечить твердженню, що шкідливої інформації не існує. Інформація про шкідливість ознаки є корисною, питання полягає тільки у тому, наскільки правильно вона використовується.

Труднощі сприйняття та усвідомлення концепції шкідливості ознаки полягають у тім, що вони виникають в чистому виді тільки при розрізненні лише двох класів. За більшою кількістю класів «абсолютної» шкідливості ознаки, не буває такого: шкідливості ознаки при розрізненні одних пар класів протидіє їх його корисність при процедурі розпізнавання інших пар.

Зникнення шкідливих ознак при розрізненні більше ніж двох класів тільки відбувається за рахунок усереднення інформативності ознак по всіх парах класів за умова переважного числа корисних ознак.

Негативний вплив ознак, шкідливих для розрізнення класів, не зникає та виражається в збільшенні ймовірності помилки розпізнавання класів, відповідно і помилки розпізнавання.

У разі розпізнаванні більш ніж два класи виникає такі ситуації:

- включення певної ознаки в описання класів є корисним для розрізнення одних пар класів, але воно є шкідливим для розрізнення інших класів;
- виключення цієї ознаки з описання класів, навпаки, виявиться шкідливим для розрізнення перших класів і корисним для розрізнення других класів.

Наслідок цього є обов'язковим зростання кількості помилок розпізнавання зі збільшенням розміру алфавіту класів за будь-яких вирішальних правил, які використовують один аналітичний еталон на один клас.

Виключно на аналізу корисності, непотрібності, шкідливості певної ознаки при поділі пар класів заданого алфавіту можна розв'язати альтернативу включення або виключення цієї ознаки з вихідного опису. Для мінімізації помилки розпізнавання класів.

2.4 Параметри які використовують для прогнозування

Вибір параметрів для прогнозування технічних виробів представляється важким завданням.

В кожному конкретному випадку доводиться вирішувати завдання вибору індивідуальним шляхом. Особливо це важливо якщо завдання прогнозування вирішуються різними методами.

Однак можна сформулювати певні рекомендації для вибору прогнозних параметрів стосовно до різних технічних об'єктів.

Розв'язання проблеми підвищення якості виробів об'єктів чи процесів, яка є достатньо актуальною для промисловості, пов'язане з розглядом великої кількості завдань. Серед них важливе місце займає завдання ухвалення рішення про якість об'єктів. Об'єктивність рішення про це залежить від характеру і виду джерел інформації про якість. Інформацію про стан виробу несуть різні ознаки. Якщо врахувати,

формулювання поняття якості комплексно й багатогранно, то кількість показників, які описують всі сторони якості, може досягати декількох десятків і сотень.

Очевидно, не всі з них є рівнозначними, не всі вони містять необхідний обсяг інформації про якість. За цим виникають таке завдання – скільки ознак і які ознаки необхідно контролювати, для прийняття рішення з рівня якості об'єкта, процесу, виробу, які задовольняє заданому критерію. Тобто необхідно здійснювати відбір найбільш важливих показників або ознак, які називаються інформативними для оцінки якості. Значимість або інформативність таких ознак необхідно оцінювати кількісно. Тому що тільки в цьому випадку можна віддати перевагу конкретній ознаці. Це важко зробити при якісному підході до відбору ознак.

Фізичний підхід до виявлення інформативних ознак, заснований на аналізі моделі виробу, не протиставляється математичному, який залежить від конкретно поставленого завдання.

На першому етапі оцінювання використовується фізичний аналіз. На його основі відбирається сукупність вимірюваних ознак, у загальному випадку надлишкова за заданим критерієм.

На другому етапі застосовується математичний підхід. Це коли із надлишкової сукупності відбираються найбільш інформативні ознаки якості.

Завдання, яке розв'язується на другому етапі можна сформулювати так. Є певна кількість ознак $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Вона являє надлишкову сукупність. Необхідно з n ознак відібрати v найбільш інформативних за

визначеним критерієм якості. Причому, $v \leq n$. Не уточнюючи конкретного критерію інформативності, можна висунути ряд вимог до виділеної сукупності ознак:

- сукупність $x = \{x_1, x_2, \dots, x_v\}$, повинна мати достатню інформативність.

Тобто додавання до неї однієї будь-якої ознаки не повинне приводити до значимої зміни заданого критерію;

- сукупність ознак повинна містити меншу кількість ознак для мінімізації економічних затрат і трудомісткості;

- виділена сукупність ознак складатися з кількісних та якісних ознак, але вона повинна допускати кількісну оцінку.

Сукупність ознак, що задовольняє вимогам називається оптимальною сукупністю ознак.

Необхідність вибору інформативних ознак може виникнути при розробці, виготовленні та експлуатації виробів, об'єктів, процесів. Але у зв'язку з специфічністю завдань у кожному конкретному випадку можуть застосовуватися різні методи ідентифікації.

Необхідність визначення інформативних ознак з певної сукупності обумовлена тим, що якість прогнозу не інваріантна до системи ознак. На практиці характеристики класів і правил прогнозування визначаються за експериментальними даними певного обмеженого обсягу. Тому додавання неінформативних ознак призводить до перетинання представників класів в просторі ознак. Це може погіршити якість прогнозу і процедуру оцінки.

Інформативність ознак, це величина, яка кількісно характеризує придатність ознак або їх набору для розпізнавання класів які мали відмови у їх роботі. Інформативність відображає ступінь взаємозв'язку

обраних ознак з процесами, які призводять до відмов.

Інформативність набору ознак дорівнює сумі інформативності окремих ознак, але тільки при їх взаємній незалежності. За цим на за інформативністю локальних ознак можна встановити найбільш інформативний набір.

Якщо ознаки є залежними одне від одного, то інформативність набору не виражається через інформативність локальних ознак. У цьому випадку вибір найбільш інформативних наборів ознак є самостійним окремим і дуже важливим завданням.

В завданнях прогнозування часто доводиться мати справу з системою статистично залежних ознак. В таких завданнях для визначення інформативної системи необхідно використати тільки один метод відбору інформативних ознак.

Система інформативних ознак визначається методом розпізнавання образів. Це завдання інтерпретується як завдання встановлення системи ознак. Вони у разі використанні в алгоритмі навчання спроможні забезпечити найкращий поділ класів навчальної вибірки.

Бажання оптимізувати набір ознак для того, щоб забезпечити найкращий поділ класів, у вибраному алгоритмі навчання та заданій навчальній вибірці ознак приводить до необхідності повного перебору всіх підмножин системи ознак. В більшості ситуацій для цього потрібен надмірно великий обсяг машинного часу. Це обумовлене тим, що для кожної підмножини ознак потрібно виконати процес навчання системи розпізнаванню.

На теперішній час існують різні підходи до побудови інформативної системи ознак, серед яких варто вказати на евристичний, статистичний, інформаційний, імовірнісний та нейромережеві системи.

2.5 Прогнозування технічного стану на основі тимчасових рядів.

При створенні так моделей передбачається, що останній період тимчасового ряду як найкраще описує майбутнє прогнозованого ряду. Тому в цих моделях прогноз простою функцією від значень прогнозованої змінної у минулому.

Такою є:

$$Y(t+1)=Y(t). \quad (2)$$

Вона відповідає такому припущенню «завтра буде як сьогодні».

Від такої примітивної моделі не чекають великої точності, вона не враховує механізми, які визначають прогнозовані дані. Цей недолік властивий взагалі багатьом статистичним методам прогнозування. Вона не захищена і від випадкових флуктуацій. Вона не враховує сезонні коливання й тренди. Втім, на її основі все ж можна формувати «наївні» моделі по-іншому, а саме

$$Y(t+1)=Y(t)+[Y(t)-Y(t-1)], \quad (3)$$

$$Y(t+1)=Y(t)*[Y(t)/Y(t-1)]. \quad (4)$$

Так намагаються пристосувати модель до певних відомих трендів

$$Y(t+1)=Y(t-s). \quad (5)$$

Так враховують сезонні коливання.

Члени тимчасового ряду не є незалежними, а також не є однаково розподіленими, це означає, що не можна поширювати властивості й правила статистичного аналізу випадкової вибірки на тимчасові ряди.

З іншої сторони взаємозалежність членів тимчасового ряду створює специфічну базу для формування прогнозних значень показника, який підлягає

аналізу.

Економічне прогнозування – середнє й ковзаюче середнє.

Моделлю на основі простого усереднення є така

$$Y(t+1)=(1/(t))*[Y(t)+Y(t-1)+...+Y(1)], \quad (6)$$

На відмінну від «наївної» моделі, якій відповідав принцип «завтра буде як сьогодні», у цієї моделі реалізується принцип «завтра буде як було в середньому останнім часом». Така модель більш стійка до флуктуацій, адже в ній згладжуються випадкові викиди. Але цей метод такий примітивний, як і «наївні» і йому притаманні майже ті ж недоліки.

У наведеній формулі передбачалося, що ряд усереднюється у тривалому інтервалі часу, але у ньому значення тимчасового ряду, як правило, з минулого краще описують прогноз, ніж більш старі значення цього ж ряду. За цим можна для прогнозування використати ковзне середнє так

$$Y(t+1)=(1/(T+1))*[Y(t)+Y(t-1)+...+Y(t-T)], \quad (7)$$

Його сенс полягає у тому, що модель бачить тільки найближче минуле (на T звітів за часом). Грунтуючись тільки на цих даних будує зроблений прогноз.

В процесі прогнозування часто використовується метод «Експонентних середніх». Він постійно адаптується до характеру даних за рахунок нових значень. Модель, яка описує його записується так

$$Y(t+1)=a*Y(t)+(1-a)*\hat{Y}(t), \quad (8)$$

де $Y(t+1)$ - прогноз на наступний період;

$Y(t)$ - реальне значення на конкретний момент часу t ;

$\hat{Y}(t)$ - минулий прогноз на момент часу t

α - постійна згладжування характеристика ($0 \leq \alpha \leq 1$)

У цьому методі має місце параметр α , який визначає залежність прогнозу від більш старих даних. При цьому вплив даних на прогноз експоненційно зменшується з «віком» за часом даних. Залежність ступню впливу даних на прогноз при різних величинах коефіцієнта α наведена на графіку, рисунок 2.5.

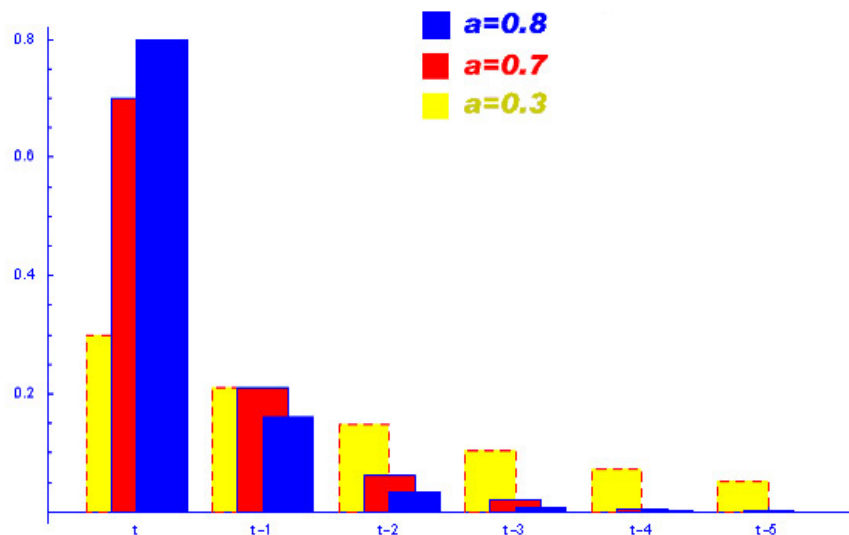


Рисунок 2.5 – Залежність впливу даних на прогноз

З цього рисунку видно, що:

- при $\alpha > 1$, експонентна модель прагне до найпростіший «наївного» виду;
- при $\alpha > 0$, прогнозована величина стає рівної попередній.

У разі якщо виконується прогнозування на моделі експонентного згладжування, на деякому тестовому наборі формується прогноз при $\alpha = [0.01, 0.02, \dots, 0.98, 0.99]$, при якому точність прогнозування вище. За цим отримане значення α використається при подальшому прогнозуванні.

Методи Хольта й Брауна. За цим методом експонентного згладжування, значення рівня тренду згладжуються за допомогою експоненти.

Параметри згладжування в них такі

$$\begin{cases} \Omega_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(\Omega_{t-1} - T_{t-1}), \\ T_t = \beta(\Omega_t - \Omega_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}, \\ \widehat{Y_{t+p}} = \Omega_t + pT_t \end{cases} \quad (9)$$

Перше рівняння описує згладжений ряд загального рівня. Друге рівняння для оцінки тренду. Третє рівняння визначає прогноз на p звітів уперед.

Згладжування в методі Хольта грають ту ж роль, що й постійна в простому згладжуванні. Вони підбираються перебором по цих параметрах з певним кроком.

Можна також використовувати і менш складні в змісті обчислювальні алгоритми. За ними можна підібрати пару параметрів, які дають більшу точність ніж моделі на тестовому наборі, а потім використати знайдену ару параметрів при прогнозуванні.

Одним варіантів методу Хольта є метод Брауна, коли дорівнюють $\alpha = \beta$.

Хоча метод Хольта, тобто метод двопараметричного експонентного згладжування і є не зовсім простим відносно «наївних» методів і моделей, які засновуються на усередненні), все ж він не дозволяє враховувати коливання при прогнозуванні.

Існує варіанти розширення методу Хольта до трьохпараметричного експонентного згладжування. Цей алгоритм називається методом Винтерса. У ньому робиться врахування сезонних за періодами складових в даних.

Система рівнянь, яка описує цей метод має такий вигляд

$$\begin{cases} \Omega_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(\Omega_{t-1} - T_{t-1}), \\ T_t = \beta(\Omega_t - \Omega_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}, \\ S_t = \gamma \frac{Y_t}{\Omega_t} + (1 - \gamma)S_{t-s}, \\ \widehat{Y_{t+p}} = (\Omega_t + pT_t)S_{t-s+p} \end{cases} \quad (10)$$

У першому рівнянні дріб служить для виключення сезонності з $Y(t)$. Після її виключення алгоритм працює з «чистими» даними. В них немає сезонних коливань. Вони з'являються тільки на фінальному прогнозі. Тобто коли «чистий» прогноз, отриманий методом Хольта множиться на сезонний коефіцієнт.

Регресійне прогнозування. Рядом з описаним методами на експонентному згладжуванні, прогнозування використовуються регресійні алгоритми.

Суть цих алгоритмів можна описати так. Має місце змінна величини параметра Y , тобто залежна змінна, а також відібраний заздалегідь комплект змінних, від яких вона залежить - $X_1, X_2, \dots, X_N$, тобто це незалежні змінні.

Природа незалежних змінних може бути різною, наприклад, якщо припустити, що Y , це рівень попиту на певний продукт у наступний період, то незалежними змінними можуть бути рівень попиту на цей продукт у минулий період, затрати на рекламу, рівень платоспроможності населення, загальна економічна обстановка, діяльність конкурентів та ін. Головне у цьому вміти формалізувати зовнішні фактори, від яких залежить попит.

Модель множинної регресії у даному разі описується таким виразом

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_N) + \varepsilon \quad (11)$$

У простому варіанті регресійної моделі залежність змінної від незалежних має такий вигляд

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_N X_N + \varepsilon \quad (12)$$

Параметри $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N$ – це коефіцієнти, які підбираються. Передбачається також, що помилки незалежні та нормально розподілені.

Для побудови регресійних моделей необхідна наявність бази даних спостережень такого виду

Таблиця 2.4 – Спостереження для побудови регресійних моделей

№	Змінні				
	незалежні				залежна
	X1	X2	...	XN	Y
1	x_11	x_12	...	x_1N	Y_1
2	x_21	x_22	...	x_2N	Y_2
...	...	...	...	...	...
M	x_M1	x_M2	...	x_MN	Y_M

За допомогою таблиці значень, отриманих при минулих спостереженнях, можна підібрати, методом найменших квадратів, коефіцієнти регресії.

При роботі з регресією необхідно отримуватися обережності та перевірити на адекватність моделі.

Існують способи перевірки, з яких обов'язковим є аналіз залишків, тест Дарбина-Уотсона. Доцільно мати незалежний «контрольний» набір прикладів, за якими можна здійснювати перевірку якості роботи моделі.

Метод Бокса-Дженкінса. Це потужний клас алгоритмів прогнозування тимчасових рядів. Його алгоритм вбудований в будь-який інформаційний пакет для прогнозування.

В класичному варіанті він не використовує незалежні змінні. Моделі побудовані на його основі опираються тільки на інформацію, як отримується в передісторії прогнозованих рядів. Це певним чином обмежує можливості алгоритму.

Є варіанти цієї моделі, які дозволяють враховувати незалежні змінні. На відміну від розглянутих моделей прогнозування, у ці методології не передбачається чіткої моделі для прогнозування тимчасової серії. У даному разі задається лише загальний клас моделей, які описують часовий ряд і дозволяють виражати поточне значення змінної через її попередні значення. Потім у алгоритмі корегуються внутрішні параметри і програма сама вибирає найбільш підходящу модель прогнозування.

На теперішній час існує цілий комплекс моделей Бокса-Дженкінса, їх можна описати так

$$AR(p)+MA(q)\rightarrow ARMA(p,q)\rightarrow ARMA(p,q)(P,Q)\rightarrow ARIMA(p,q,r)(P,Q,R)\rightarrow\dots \quad (2.13)$$

$AR(p)$ - авторегресісна модель порядку p .

Модель має вигляд

$$Y(t)=f_0+f_1*Y(t-1)+f_2*Y(t-2)+\dots+f_p*Y(t-p)+E(t) \quad (2.14)$$

де (t) – залежна змінна в момент часу t ;

$f_0, f_1, f_2, \dots, f_p$ - оцінювані параметри;

$E(t)$ - помилка від впливу змінних, які не враховуються в моделі.

Завдання полягає у тому, щоб визначити величини $f_0, f_1, f_2, \dots, f_p$. Їх оцінити можна різними способами. Вірніше шукати їх за допомогою рівнянь Юла-Уолкера. Для складання цієї системи необхідний буде розрахунок величин автокореляційних функцій. Також можна їх порахувати методом найменших квадратів. $MA(q)$ - модель із ковзної середньої порядку q .

Модель для цього має такий вигляд

$$Y(t)=m+e(t)-w_1*e(t-1)-w_2*e(t-2)-\dots-w_p*e(t-p) \quad (2.15)$$

де $Y(t)$ - залежна змінна в момент часу t .

$w_0, w_1, w_2, \dots, w_p$ - оцінювані параметри.

2.6 Структура інформаційної системи прогнозування технічного стану технологічного обладнання

За описаною вище моделлю прогнозування технічного стану виробничих

об'єктів автором розроблена структура інформаційної системи, що дозволяє виконати таке прогнозування і визначити види тих заходів, які знадобляться для забезпечення функціонування обладнання за характеристикою стану, яку воно набуде на кінець заданий періоду функціонування.

Схема структури цієї інформаційної системи наведена на рисунку 2.6.

Ця структура включає такі блоки:

1. Блок введення вихідних даних – у цій блоці здійснюється введення вхідних даних результатів моніторингу стану технологічних об'єктів виробництва, які описують цей стан на заданий момент часу. Введення даних робиться у певному порядку, який визначає у наступному послідовність проведення їх аналізу.

2. Блок ідентифікації об'єктів контролю – у цій блоці виконуються ідентифікація об'єктів контролю за призначенням їх параметрами. Ідентифікація виконується на основі введених даних про характеристики конкретного об'єкту контролю, а також з урахуванням даних про всі об'єкти контролю, які вже були ідентифіковані і у них були проведені операції з прогнозу їх стану у попередні періоди. Ця інформація береться з бази даних бази 3.

3. База об'єктів і їх характеристик – у цій базі даних зберігається вся інформація про об'єкти, у яких вже були раніше виконані операції з прогнозування їх стану і були проаналізовані параметри цих об'єктів.

4. Блок аналізу параметрів об'єкту – У цьому блоці виконується аналіз параметрів об'єкту, тобто вони упорядковуються для аналізу, здійснюється перевірка на коректність даних та оцінка стану об'єкту на даний момент часу тобто на час проведення поточного процедури прогнозування.

Блок аналізу змін параметрів об'єкту за хронологією його функціонування – у цій блоці виконується порівняння поточних характеристик об'єктів які отримали в результаті моніторингу з величинами цих параметрів, які мав даний об'єкт у попередні періоди часу, а також визначаються і формалізуються закономірності, за якими у ці періоди проходило проходила зміна параметрів конкретного об'єкту.

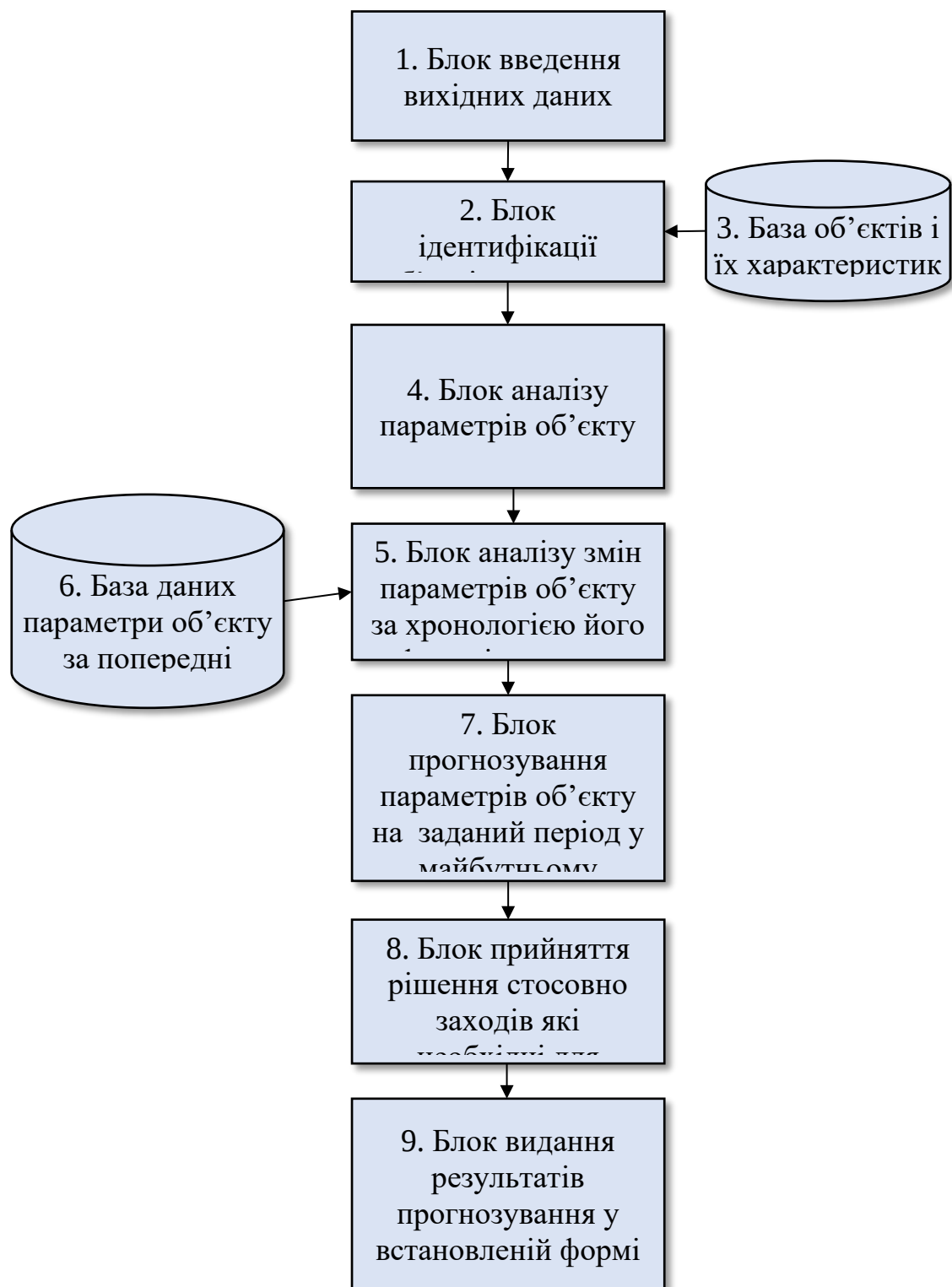


Рисунок 2.6 – Структурна схема інформаційної системи вибору оптимального пакету проектів

5. 6. База даних параметри об'єкту за попередні періоди – у цій базі зберігаються дані про визначені зміни параметрів об'єктів. Ця база поповнюється

новими даними при такі зміни у хронології періодів проведення аналізів аналізу з описанням характеру всіх змін і величин цих змін параметрів, які характеризують стан об'єкту у минулому.

7. Блок прогнозування параметрів об'єкту на заданий період у майбутньому – у цьому блоці здійснюється прогнозування параметрів об'єкту на задані періоди часу у майбутньому. При прогнозуванні у цій блоці використовується закономірності які визначені у блоці 5 для того, щоб спрогнозувати подальший розвиток відповідних змін у цих об'єктах на заданий періоди часу.

8. Блок прийняття рішення стосовно заходів, які необхідні для даного об'єкту – у цій блоці виконується прийняття рішення стосовно тих заходів, які необхідно буде виконати відповідному у об'єкті зараз та його поточим станом, а також на кінець того періоду прогнозування, який необхідний користувачу.

9. Блок видання результатів прогнозування у встановленій формі – у цій блоці всі результати аналізу, які необхідні для прийняття рішення про заходи щодо підтримки обладнання у робочому стан виводяться у друкованому виді для їх аналізу керівництвом підприємства і прийняття остаточних рішень стосовно конкретного об'єкту або групи цих об'єктів.

2.7 Алгоритм прогнозування технічного стану промислових агрегатів

Запропонована мною експертна система з прогнозування технічного стану промислових агрегатів була реалізована за допомогою Microsoft Visual Studio.

Прогнозування в даній програмі ґрунтується на тому, що закономірності зміни діагностичних параметрів у часі, як правило, аналогічне закономірностям зміни параметрів технічного стану об'єкту. В процесі роботи діагностичні параметри змінюються від початкового значення, до допустимого за деякий час роботи. Вимірюючи значення діагностичного параметру та зрівнюючи його з признаками еталонного стану об'єкту, можна встановити технічний стан об'єкту в даний момент и спрогнозувати його наступні стани.

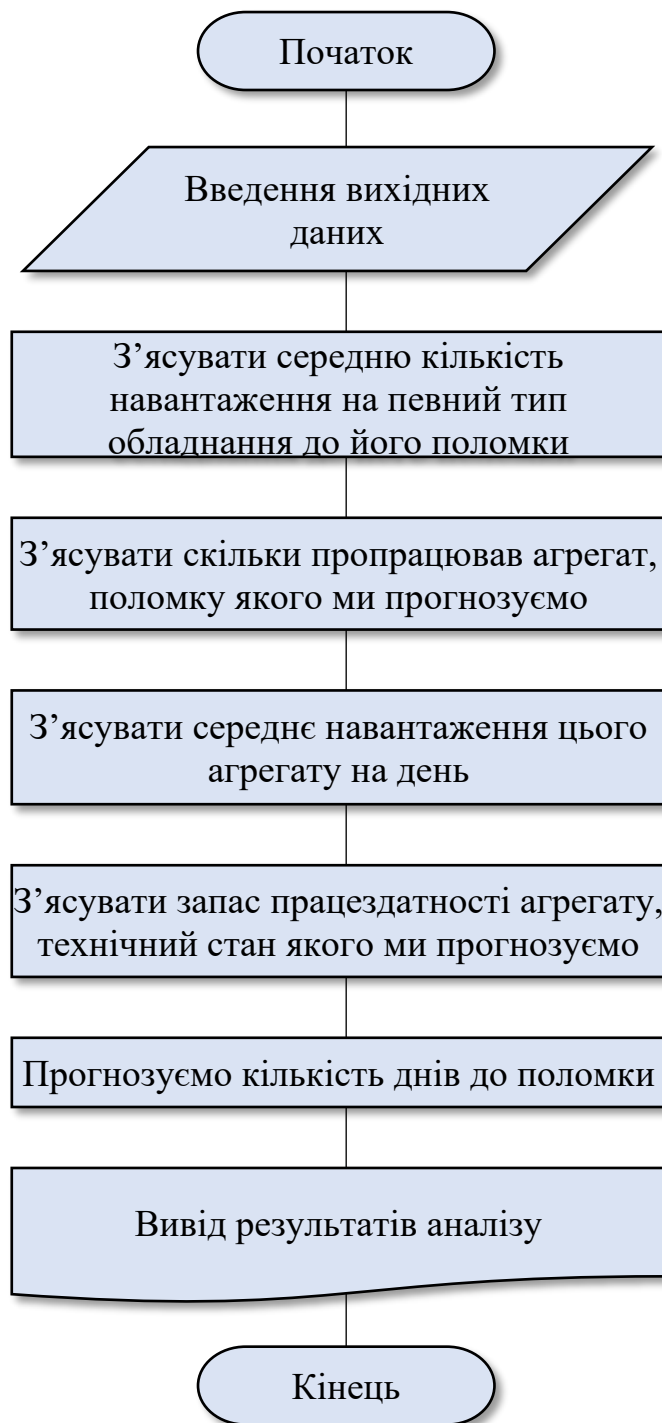


Рисунок 2.7 – Алгоритм прогнозування стану обладнання

У нашому випадку, діагностуючими параметрами виступають:

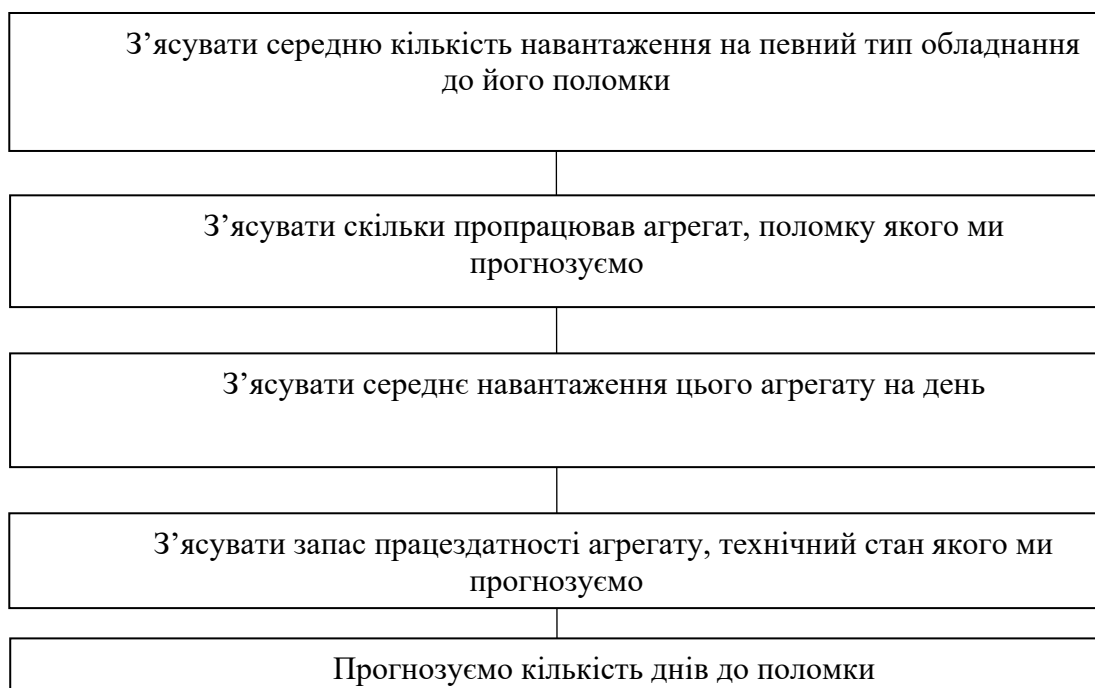
- Час, за який з обладнанням не було проведено жодних ремонтних робіт;
- Навантаження обладнання за день.

Чим більше даних про поломки будуть занесені у базу даних системи, тим точніше буде результат прогнозування.

Алгоритм прогнозування можна записати наступним чином:

- 1 крок. З'ясувати середню кількість навантаження на певний тип обладнання до його поломки.
- 2 крок. З'ясувати скільки пропрацював агрегат, поломку якого ми прогнозуємо.
- 3 крок. З'ясувати середнє навантаження цього агрегату на день.
- 4 крок. Виходячи з кроків 2 та 3 визначити кількість навантаження на даний момент часу.
- 5 крок. Від результатів кроку 1 віднімаємо результати кроку 4 і отримуємо запас працездатності агрегату, технічний стан якого ми прогнозуємо.
- 6 крок. Одержане у 5 кроці величину ділимо на середнє навантаження обладнання на день. В результаті чого отримуємо кількість днів до поломки.

Схематично алгоритм представлений на рис. 2.7



З враховує невелику кількість факторів, що впливають на стан промислового обладнання. Це приводить до того, що зменшується точність прогнозування. За набуттям знаної за обсягом бази знань про різноманітних поломок, точність прогнозів зростає.

Алгоритму дозволяє прогнозувати технічний стан обладнання, що пов'язано з тим, що кожен агрегат характеризується різними показниками стану, а моделі, що враховують велику кількість факторів, не можуть однаково успішно прогнозувати стан обладнання з різних галузей, та з різною структурою.

Розроблена експертна система використовує ті фактори, які притаманні для всіх видів технологічного обладнання. Тому може бути використана для прогнозування стану будь якого промислового обладнання.

Форма програми наведена на рисунку 2.8.

Код оборудования	Название оборудования	Дата начала работы	Нагрузка
11	Токарный станок SPE-1000PV (Т3)	09.04.2006	20
12	Фрезерный станок JTM-1360 (Ф1)	14.03.2006	31
12	Фрезерный станок FFX-20E (Ф2)	21.06.2007	47
12	Фрезерный станок T 1004 (Ф3)	03.10.2006	15
12	Фрезерный станок 6T80Ш (Ф4)	23.04.2008	32
11	Токарный станок GH-1840ZX DRO (Т1)	19.12.2007	25
11	Токарный станок GH-1840ZX DRO (Т2)	30.06.2008	32

Введите название оборудования
 Фрезерный станок FFX-20E (Ф) Спрогнозировать

Название оборудования	Дата начала работы	Возможная дата поломки
Фрезерный станок FFX-20E (Ф2)	21.06.2007	02.06.2009

Рисунок 2.8 – Головна форма системи прогнозування технічного стану.

У верхній таблиці розташовані данні про обладнання, яке на теперішній час знаходиться у робочому стані. У нижній таблиці виводяться результати прогнозування стану технологічного обладнання.

Для того щоб спрогнозувати дату поломки одиниці обладнання необхідно в поле «Введіть назву обладнання» ввести назву устаткування. Потім необхідно натиснути на кнопку «Спрогнозувати».

Введення нової інформації до таблиці 2.8, з даними з обладнання яке працює, зміна існуючої або видалення інформації виконується за допомогою головного меню («Редагування»).

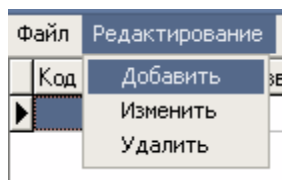


Рис. 2.9 – меню для вибору режиму редагування

A screenshot of a dialog box titled 'Режим изменения' (Change Mode). It contains four text input fields: 'Код оборудования' (Equipment code), 'Название оборудования' (Equipment name), 'Дата начала работы' (Start date), and 'Нагрузка' (Load). At the bottom right, there is a button labeled 'Сохранить' (Save).

Рисунок 2.10 – Форма для створення, або редагування нового запису.

У разі якщо потрібно змінити інформацію, необхідно виділити відповідну строку, дані в якій треба змінити. За тим натиснути клавішу «Змінити» (рис. 2.10)

Примітка. Назва обладнання повинна бути такою, щоб вона більше не повторювалась. Наприклад, є декілька токарних станків, називати їх необхідно так «Токарний станок №1», «Токарний станок №2»,..., «Токарний станок №N».

Дата початку роботи вводиться за такою маскою «__._.____».

Після введення даних у форму на рисунку 2.11. необхідно натиснути кнопку

«Зберегти».

Виведення інформації про поломки виконується за допомогою кнопок «Статистика» - «Статистика поломок», показано на рис. 3.11.

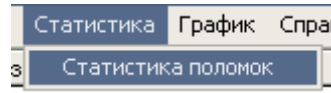


Рисунок 2.11 – Виклик форми «Статистика поломок»

Форма з статистичних даних про поломки, наведена на рис. 2.12.

Код оборудования	Тип оборудования	Дата начала работы	Нагрузка	Дата поломки
12	Фрезерные станки	19.10.1999	20	27.06.2003
11	Токарный станок	05.06.2001	25	17.12.2004
11	Токарный станок	03.09.2000	36	20.12.2002
12	Фрезерные станки	15.02.1994	34	11.11.1997
11	Токарный станок	18.11.2001	20	23.09.2006
12	Фрезерные станки	24.05.2003	21	12.03.2008
11	Токарный станок	25.03.1987	28	30.11.1990
11	Токарный станок	13.05.1992	40	31.01.1994
11	Токарный станок	02.09.2002	19	13.06.2008
12	Фрезерные станки	15.10.2004	27	12.01.2008

Код оборудования	Тип оборудования	Среднее количество изготовленных деталей до поломки
11	Токарный станок	33460
12	Фрезерные станки	33921,6

Рисунок 2.12 – Форма статистичних даних про поломки

Верхня таблиця призначена для введення інформації про поломки. У нижній таблиці, за допомогою кнопки «Розрахувати» відображається середня кількість навантаження на певний тип обладнання до факту його поломки.

Введення нової інформації до таблиці про статистичні характеристики

поломок, зміна вже існуючої або видалення старої інформації здійснюється за допомогою головного меню «Редагування».

Примітка. Після редагування статистичних даних про поломки, слід натиснути кнопку «Розрахунок», рисунок 2.13 для оновлення нижньої таблиці.

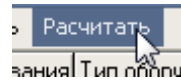


Рисунок 2.13 – Розрахунок середньої кількості навантаження на певний тип обладнання

У меню «Справка» - «Типы оборудования» на рисунку 2.14 зберігається інформація про код, якому типу обладнання відповідає.

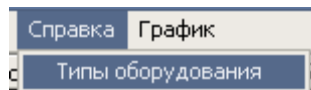


Рисунок 2.14 – Виклик системи переліку типів обладнання

Форма з відображенням переліку типів обладнання на рис. 2.15.

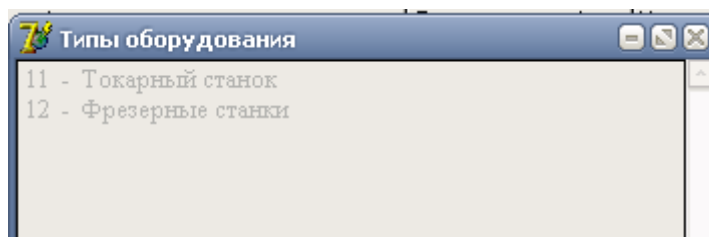


Рисунок 2.15 – Відображення переліку типів обладнання

Для більшої наочності відображення результатів прогнозування, має місце можливість вивести данні у вигляді графіку. Для цього необхідно натиснути кнопку «Графік» у головному меню, рисунок 2.16.

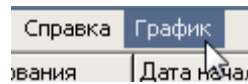


Рисунок 2.16. Виклик графічного зображення прогнозу.

У форму, зображену на рисунку 2.17 вводиться код обладнання.

Рис. 2.17 – Форма для введення коду обладнання

На формі рисунок 3.18) з'являться два стовпчики.

В нашому випадку їх буде більше. Стовпчики синього кольору висвітлюють середній обсяг навантаження до поломки, на тип обладнання, код якого ввели раніше. Червоний стовпчик означає, що «Станок JTM-1360 (Ф1)» потребує ремонту. В результаті того, що запас його міцності вже вичерпано і поломка може трапитися швидко.

Стовпчик жовтого кольору означає, що «Станок FPX-20E (Ф2)» також потребує ремонту, і запас його міцності підходить до закінчення.

Зелені стовпчики означають, що відповідні станки ще можуть працювати без втручання, для їх ремонту.

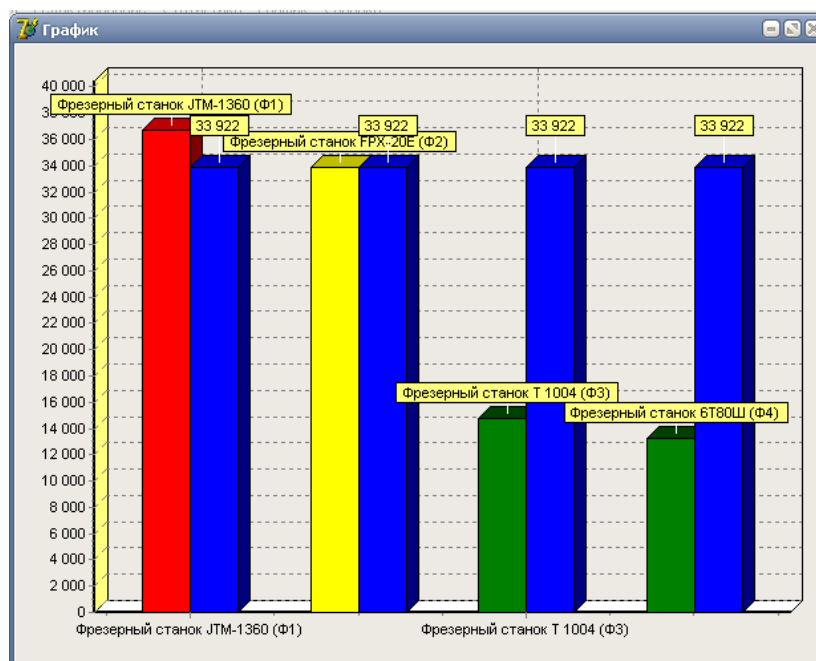


Рис. 2.18. Форма для графічного виведення прогнозу

Програма має можливість експортувати дані до програми Microsoft Office Excel. Ця операція здійснюється за допомогою кнопки файл у меню програми рисунок 2.19.

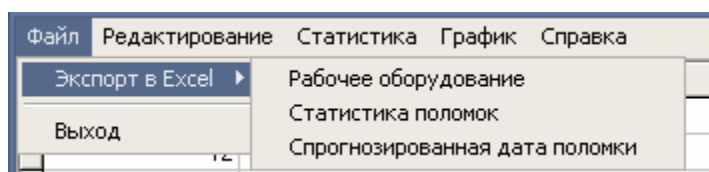


Рисунок 2.19 – Виклик процедури експорту даних

Програма може робити звіти по трьом таблицям: «Робоче обладнання» (рисунок. 2.20), «Статистика поломок» (рисунок 2.21) та «Прогнозування дати поломки» (рисунок 2.22).

A1 fx				
	A	B	C	D
1		Работающее оборудование		
2	Код оборудования	Название оборудован	Дата начала работы	Нагрузка
3	11	Токарный станок SPE-19	Апрель 2006 г.	20
4	12	Фрезерный станок JTM	14 Март 2006 г.	31
5	12	Фрезерный станок FPX	21 Июнь 2007 г.	47
6	12	Фрезерный станок T 103	3 Октябрь 2006 г.	15
7	12	Фрезерный станок 6T8	23 Апрель 2008 г.	32
8	11	Токарный станок GH-18	19 Декабрь 2007 г.	25
9	11	Токарный станок GH-18	30 Июнь 2008 г.	32

Рисунок 2.20 – Звіт по таблиці робочого обладнання.

A1 fx					
	A	B	C	D	E
1		Статистика поломок			
2	Тип оборудования	Название оборудован	Дата начала работы	Нагрузка	Дата поломки
3	12	Фрезерные станки	19 Октябрь 1999 г.	20	27 Июнь 2003 г.
4	11	Токарный станок	5 Июнь 2001 г.	25	17 Декабрь 2004 г.
5	11	Токарный станок	3 Сентябрь 2000 г.	36	20 Декабрь 2002 г.
6	12	Фрезерные станки	15 Февраль 1994 г.	34	11 Ноябрь 1997 г.
7	11	Токарный станок	18 Ноябрь 2001 г.	20	23 Сентябрь 2006 г.
8	12	Фрезерные станки	24 Май 2003 г.	21	12 Март 2008 г.
9	11	Токарный станок	25 Март 1987 г.	28	30 Ноябрь 1990 г.

Рисунок 2.21. Звіт по таблиці статистики поломок.

A1 fx				
	A	B	C	D
1		Прогнозируемая дата поломки		
2	Название оборудования	Дата начала работы	Прогнозируемая дата поломки	
3	Фрезерный станок FPX-20E (Ф2)	21 Июнь 2007 г.	2 Июнь 2009 г.	

Рисунок 2.22 – Звіт по таблиці прогнозованої дати поломки

Таким чином розроблена система прогнозування технічного стану промислового обладнання. Вона дозволяє спрогнозувати дату виходу зі строю обладнання.

2.8 Висновки

У другому розділі кваліфікаційної роботи були розглянуті методи прогнозування тимчасових рядів. За допомогою них була розроблена модель прогнозування технічного стану промислового обладнання. Спираючись на цю модель була розроблена інформаційна система прогнозування.

Для реалізації програми обрана модель середніх та ковзаючих середніх. На відміну від найпростішої «наївної» моделі, що працює за принципом «завтра буде як сьогодні», ця модель відповідає принципу «завтра буде як було в середньому останнім часом». Така модель є більш стійкою до флуктуацій, адже в ній згладжуються випадкові викиди значень середнього.

Алгоритм роботи інформаційної системи враховує достатню кількість факторів, які впливають на стан обладнання. Це приводить до того, що забезпечується достатня точність прогнозування. Але при роботі з великими базами знань дещо знижується точність прогнозів.

Простота обраного алгоритму дозволяє прогнозувати стан будь-якого технологічного обладнання і устаткування. Це пояснюється тим, що кожен вид обладнання характеризується різними показниками технічного стану, які враховані в програмі. Обрана модель враховує значну кількість факторів, але вони не можуть однаково точно прогнозувати технічний стан обладнання у різних галузях, та з різною структурою.

Розроблена інформаційна система використовує лише ті фактори, що притаманні певному колу видів обладнання. Тому може бути використана для прогнозування стану промислових агрегатів певних типів, які вказуються в інструкції до користування інформаційною системою.

ВИСНОВКИ

Ефективність роботи підприємств на пряму залежить від технічного стану і якості функціонування устаткування.

У наш час на підприємствах одержали поширення два види обслуговування обладнання, а саме:

- обслуговування після виходу з ладу;
- обслуговування за регламентом.

За цим обидва ці методи не є задовільними. У разі ремонту обладнання після його непередбаченої поломки підприємства несе значні економічні затрати за несанкціоновану зупинку й час простою устаткування. Часто це приводить до того, що поломка однієї складової процесу приводить до припинення виконання всього виробничого процесу.

Використання на підприємствах систем ППР із урахуванням статистичних показників надійності стримує зниження затрат на експлуатацію обладнання.

В цьому випадку не повно вирішується питання строків проведення технічного обслуговування (ТО), а також ремонту обладнання з урахуванням його властивостей і стану на конкретний момент часу.

Крім того, необґрунтовані втручання вносять непередбачені дефекти у стан об'єктів. Застосування цього методу приводить до додаткових затрат, які викликаються передчасною заміною ще можливо працездатних деталей і можливим розвитком ще невиявлених ушкоджень.

Впровадження методів діагностики надійності роботи обладнання дозволять проводити ремонт і технічне обслуговування з урахуванням їх стану.

При прогнозованому технічному обслуговуванні – обслуговуванні по фактичному стану, проведення упереджувальних ремонтів виконується в міру необхідності. При цьому виконується контроль стану за допомогою діагностики, і технічне обслуговування здійснюється тільки тоді, коли це викликано технічним станом вузлів устаткування.

При використанні даної концепції необхідно вчасно виявити зміни у параметрах і властивостях об'єктів, оцінити причину їх виникнення, і вчасно вжити необхідних заходів.

У другому розділі кваліфікаційної роботи були розглянуті методи прогнозування тимчасових рядів. За допомогою них була розроблена модель прогнозування технічного стану промислового обладнання. Спираючись на цю модель була розроблена інформаційна система прогнозування.

Для реалізації програми обрана модель середніх та ковзаючих середніх. На відміну від найпростішої «наївної» моделі, що працює за принципом «завтра буде як сьогодні», ця модель відповідає принципу «завтра буде як було в середньому останнім часом». Така модель є більш стійкою до флуктуацій, адже в ній згладжуються випадкові викиди значень середнього.

Алгоритм роботи інформаційної системи враховує достатню кількість факторів, які впливають на стан обладнання. Це приводить до того, що забезпечується достатня точність прогнозування. Але при роботі з великими базами знань дещо знижується точність прогнозів.

Простота обраного алгоритму дозволяє прогнозувати стан будь-якого технологічного обладнання і устаткування. Це пояснюється тим, що кожен вид обладнання характеризується різними показниками технічного стану, які враховані в програмі. Обрана модель враховує значну кількість факторів, але вони не можуть однаково точно прогнозувати технічний стан обладнання у різних галузях, та з різною структурою.

Розроблена інформаційна система використовує лише ті фактори, що притаманні певному колу видів обладнання. Тому може бути використана для прогнозування стану промислових агрегатів певних типів, які вказуються в інструкції до користування інформаційною системою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог національних та міждержавних стандартів на технічні вимоги та методи випробувань сільськогосподарської техніки і вимоги та методи визначення показників якості ґрунту, кормів та рідких продуктів нафтопереробки, Міністерство аграрної політики України, УкрНДІПВТ ім, Л. Погорілого, Дослідницьке, 2008. 174 с.
2. Каталог галузевих нормативних документів на технічні вимоги та методи випробувань сільськогосподарської техніки і вимоги та методи визначення показників якості ґрунту, кормів та рідких продуктів нафтопереробки, Міністерство аграрної політики України, УкрНДІПВТ ім, Л, Погорілого, Дослідницьке, 2008. 50 с.
3. Черновол М, І, Надійність сільськогосподарської техніки : підруч, [Текст] / [Черновол М, І,, Черкун В, Ю,, Аулін В, В, та ін,]; за заг, ред, М, І, Черновола, 2-ге вид,, перероб, і доповн, -Кіровоград: КОД, 2009. 320 с.
4. Смашнюк О. В. Аналітичні дослідження зміни технічного стану сільськогосподарської техніки для прогнозування її експлуатаційної надійності [Текст] / О. В. Смашнюк // Вісн, ХНТУСГ ім, П, Василенка, Х : 2010, Вип, 100 : Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. С. 174-178.
5. Сенчук М,М, Технічна експлуатація та діагностика енергетичних засобів [Текст] : метод, вказівки /М,М, Сенчук; Білоцерківський аграрний університет, - Сектор оперативної поліграфії РВІКВ БДАУ, Біла Церква, 2006. 50 с.
6. Сиромятніков П,С, Діагностування індивідуальної паливної апаратури з електроним керуванням (методичні положення) [Текст] / П,С,Сиромятніков, М,А, Морозов // Вісник ХНТУСГ ім, П,Василенка, 2015, Вип, 158. С. 150-162
7. Войтюк В, Д, Перспективні напрями розвитку методів і засобів технічної діагностики сільськогосподарських машин [Текст] / В, Д, Войтюк, П, Б, Щербатий // Вісник ХНТУСГ ім, П, Василенка, Х : 2010, Вип. 93: Механізація

сільськогосподарського виробництва, т. 2.

8. Якість, стандартизація, метрологія та сертифікація сільськогосподарської техніки [Текст]: навч. посібник / [В.І. Рубльов, В.Д. Войтюк, Я.М. Михайлович та ін.]; за ред. проф. В.І Рубльова. К : Полтава: ФОП Крюков Ю.С., 2014. 288 с.

9. Технічні умови на виготовлення сільськогосподарської техніки (плугів, культиваторів, сівалок, кормозбиральних машин, зернозбиральних комбайнів,, тракторів, автомобілів, причепів, доїльних установок). СОУ 74.3-037 275: 2005. Техніка сільськогосподарська. Надійність. Технічна експертиза. К. : Мінагрополітики України, 2005.

10. Рубльов В. І. Пересувна лабораторія діагностування мобільної сільськогосподарської техніки [Текст] / В. І. Рубльов, В. Д. Войтюк, І. М. Ничай // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. - 2011. Вип. 166, ч. 1. С. 261-267.

11. 16. Моркун Н. В., Завсегдашня І. В. методичнів казівки до виконання кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) освітнім рівнем для здобувачів спеціальності 122 комп'ютерні науки усіх форм навчання. Кривий Ріг, КНУ, 2020. 23 с.

12. 17. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Київ, ДП «УкрННЦ», 2015. 26с. (Інформація та документація).

13. 18. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання Київ, ДП «УкрННЦ», 2016. 16 с. (Інформація та документація).

14. 19. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень в українській мові. Загальні вимоги та правила. Київ, ДП «УкрННЦ», 2013. 23 с. (Інформація та документація)

15. 20. ДСТУ 3651.0-97 Метрологія. Одиниці фізичних величин. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення Київ, Держстандарт України, 1998. 27 с. (Інформація та документація).

ДОДАТКИ

Текст програмного забезпечення інформаційної системи прогнозування технічного стану технологічного обладнання

```
unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, DB, Grids, DBGrids, ADODB, Menus, ComCtrls, StdCtrls, Buttons,
  ExtCtrls, ComObj, TeEngine, Series, TeeProcs, Chart, DbChart;
type
  TForm1 = class(TForm)
    ADOConnection1: TADOConnection;
    MainMenu1: TMainMenu;
    ADOTable1: TADOTable;
    DataSource1: TDataSource;
    ADOQuery1: TADOQuery;
    DataSource2: TDataSource;
    N1: TMenuItem;
    N2: TMenuItem;
    N3: TMenuItem;
    N4: TMenuItem;
    N5: TMenuItem;
    N6: TMenuItem;
    N7: TMenuItem;
    RabTable2: TADOTable;
    RabSource: TDataSource;
    DataSource3: TDataSource;
    ADOQuery2: TADOQuery;
    DBGrid3: TDBGrid;
    Button1: TButton;
    DBGrid4: TDBGrid;
    Memo3: TMemo;
    Memo2: TMemo;
    N8: TMenuItem;
    N9: TMenuItem;
    LabeledEdit1: TLabeledEdit;
    Exel1: TMenuItem;
    N10: TMenuItem;
```

```

N11: TMenuItem;
N12: TMenuItem;
DataSource4: TDataSource;
DBGrid1: TDBGrid;
ADOQuery3: TADOQuery;
N13: TMenuItem;
N14: TMenuItem;
N15: TMenuItem;
N16: TMenuItem;
N17: TMenuItem;
procedure N4Click(Sender: TObject);
procedure N3Click(Sender: TObject);
procedure N5Click(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure N7Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure N9Click(Sender: TObject);
procedure N10Click(Sender: TObject);
procedure N11Click(Sender: TObject);
procedure N12Click(Sender: TObject);
procedure N13Click(Sender: TObject);
procedure N15Click(Sender: TObject);
procedure N17Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
var
    Form1: TForm1;
implementation
uses Unit2, Unit3, Unit4, Unit6, Unit7;
{$R *.dfm}
procedure TForm1.N4Click(Sender: TObject);
begin
    Form2.ShowModal;
end;
procedure TForm1.N3Click(Sender: TObject);
begin
    RabTable2.Insert;
    Form2.ShowModal;

```

```

end;
procedure TForm1.N5Click(Sender: TObject);
begin
RabTable2.Delete;
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
var s:string;
    i:integer;
begin
ADOQuery1.Active:=true;
ADOTable1.Active:=True;
RabTable2.Active:=True;
ADOQuery1.Active:=True;
end;

procedure TForm1.N7Click(Sender: TObject);
var s,st,q1,q2:string;
    i:integer;
begin
Form3.Memo1.Lines.Clear;
ADOQuery1.Active:=false;
ADOQuery1.Active:=true;
Form3.KodMemo.Lines.Clear;
Form3.NazvMemo.Lines.Clear;
while not Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Eof do
begin
s := "";
st:= "";
s := Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Fields[0].asString;
q1:= Polomki.DBGrid2.DataSource.DataSet.Fields[1].AsString;
st := Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Fields[1].asString;
q1:=s+' - '+st;
Form3.NazvMemo.lines.add(st);
Form3.Memo1.Lines.Add(q1);
Form3.KodMemo.lines.add(s);
Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Next;
end;
Polomki.DBGrid2.DataSource.DataSet.FindFirst;
Form3.ShowModal;
end;

```

```

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var i,k:integer;
    s,nazv,kod,res:string;
begin
ADOQuery1.Active:=false;
ADOQuery1.Active:=true;
Polomki.Memo1.Lines.Clear;
while not Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Eof do begin
    s := "";
    s := Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Fields[2].asstring;
    Polomki.Memo1.lines.add(s);
    Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Next;
end;
ADOQuery2.SQL.Clear;
RabTable2.Active:=false;
RabTable2.Active:=true;
Memo2.Lines.Clear;
Memo3.Lines.Clear;
while not DBGrid3.Datasource.Dataset.Eof do
begin
    s := "";
    s := DBGrid3.Datasource.Dataset.Fields[0].asstring;
    Memo2.lines.add(s);
    DBGrid3.Datasource.Dataset.Next;
end;
DBGrid3.DataSource.DataSet.FindFirst;
while not DBGrid3.Datasource.Dataset.Eof do
begin
    s := "";
    s := DBGrid3.Datasource.Dataset.Fields[1].asstring;
    Memo3.lines.add(s);
    DBGrid3.Datasource.Dataset.Next;
end;
nazv:=LabeledEdit1.Text;
for i:=0 to Memo3.Lines.Count-1 do
    if nazv=Memo3.Lines[i] then
        k:=i;
kod:=Memo2.Lines[k];
for i:=0 to Form3.KodMemo.Lines.Count-1 do
    if kod=Form3.KodMemo.Lines[i] then

```

```

        k:=i;
        res:=Polomki.Memo1.Lines[k];
        ADOQuery2.SQL.Add('SELECT rabo4.[Название оборудования],rabo4.[Дата начала работы], (rabo4.[Дата
начала работы]+round("'" +res+"'"/rabo4.[Нагрузка])) AS [Возможная дата поломки] FROM rabo4');
        ADOQuery2.SQL.Add('WHERE rabo4.[Название оборудования]='+"' +nazv+"'");
        ADOQuery2.Open;
        end;

procedure TForm1.N9Click(Sender: TObject);
begin
    Polomki.ShowModal;
end;

procedure TForm1.N10Click(Sender: TObject);
var
    XLApp,Sheet,Column:Variant;
    index,i:Integer;
begin
    XLApp:= CreateOleObject('Excel.Application');
    XLApp.Visible:=true;
    XLApp.Workbooks.Add(-4167);
    XLApp.Workbooks[1].Worksheets[1].Name:='Работающее оборудование';
    Column:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Работающее оборудование'].Columns;
    Column.Columns[1].ColumnWidth:=20;
    Column.Columns[2].ColumnWidth:=20;
    Column.Columns[3].ColumnWidth:=20;
    Column.Columns[4].ColumnWidth:=20;
    Column:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Работающее оборудование'].Rows;
    Column.Rows[2].Font.Bold:=true;
    Column.Rows[1].Font.Bold:=true;
    Column.Rows[1].Font.Color:=clBlue;
    Column.Rows[1].Font.Size:=14;
    Sheet:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Работающее оборудование'];
    Sheet.Cells[1,2]:='Работающее оборудование';
    Sheet.Cells[2,1]:='Код оборудования';
    Sheet.Cells[2,2]:='Название оборудования';
    Sheet.Cells[2,3]:='Дата начала работы';
    Sheet.Cells[2,4]:='Нагрузка';
    index:=3;
    Form1.RabTable2.First;
    for i:=0 to Form1.RabTable2.RecordCount-1 do

```

```

begin
Sheet.Cells[index,1]:=Form1.RabTable2.Fields.Fields[0].AsString;
Sheet.Cells[index,2]:=Form1.RabTable2.Fields.Fields[1].AsString;
Sheet.Cells[index,3]:=FormatDateTime('ddddd',Form1.RabTable2.Fields.Fields[2].AsDateTime);
Sheet.Cells[index,4]:=Form1.RabTable2.Fields.Fields[3].AsString;
Inc(index);
Form1.RabTable2.Next;
end;
end;
procedure TForm1.N11Click(Sender: TObject);
var
    XLApp,Sheet,Column:Variant;
    index,i:Integer;
begin
XLApp:= CreateOleObject('Excel.Application');
XLApp.Visible:=true;
XLApp.Workbooks.Add(-4167);
XLApp.Workbooks[1].Worksheets[1].Name:='Статистика поломок';
Column:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Статистика поломок'].Columns;
Column.Columns[1].ColumnWidth:=20;
Column.Columns[2].ColumnWidth:=20;
Column.Columns[3].ColumnWidth:=20;
Column.Columns[4].ColumnWidth:=20;
Column.Columns[5].ColumnWidth:=20;
Column:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Статистика поломок'].Rows;
Column.Rows[2].Font.Bold:=true;
Column.Rows[1].Font.Bold:=true;
Column.Rows[1].Font.Color:=clBlue;
Column.Rows[1].Font.Size:=14;
Sheet:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Статистика поломок'];
Sheet.Cells[1,2]:='Статистика поломок';
Sheet.Cells[2,1]:='Тип оборудования';
Sheet.Cells[2,2]:='Название оборудования';
Sheet.Cells[2,3]:='Дата начала работы';
Sheet.Cells[2,4]:='Нагрузка';
Sheet.Cells[2,5]:='Дата поломки';
index:=3;
Form1.ADOTable1.First;
for i:=0 to Form1.RabTable2.RecordCount-1 do
begin
Sheet.Cells[index,1]:=Form1.ADOTable1.Fields.Fields[0].AsString;

```

```

Sheet.Cells[index,2]:=Form1.ADOTable1.Fields.Fields[1].AsString;
Sheet.Cells[index,3]:=FormatDateTime('dddddd',Form1.ADOTable1.Fields.Fields[2].AsDateTime);
Sheet.Cells[index,4]:=Form1.ADOTable1.Fields.Fields[3].AsString;
Sheet.Cells[index,5]:=FormatDateTime('dddddd',Form1.ADOTable1.Fields.Fields[4].AsDateTime);
Inc(index);
Form1.ADOTable1.Next;
end;
end;
procedure TForm1.N12Click(Sender: TObject);
var
    XLApp,Sheet,Colum:Variant;
    index,i:Integer;
begin
    XLApp:= CreateOleObject('Excel.Application');
    XLApp.Visible:=true;
    XLApp.Workbooks.Add(-4167);
    XLApp.Workbooks[1].Worksheets[1].Name:='Прогнозируемая дата поломки';
    Colum:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Прогнозируемая дата поломки'].Columns;
    Colum.Columns[1].ColumnWidth:=20;
    Colum.Columns[2].ColumnWidth:=20;
    Colum.Columns[3].ColumnWidth:=20;
    Colum:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Прогнозируемая дата поломки'].Rows;
    Colum.Rows[2].Font.Bold:=true;
    Colum.Rows[1].Font.Bold:=true;
    Colum.Rows[1].Font.Color:=clBlue;
    Colum.Rows[1].Font.Size:=14;
    Sheet:=XLApp.Workbooks[1].Worksheets['Прогнозируемая дата поломки'];
    Sheet.Cells[1,2]:='Прогнозируемая дата поломки';
    Sheet.Cells[2,1]:='Название оборудования';
    Sheet.Cells[2,2]:='Дата начала работы';
    Sheet.Cells[2,3]:='Прогнозируемая дата поломки';
    index:=3;
    Form1.ADOQuery2.First;
    for i:=0 to Form1.ADOQuery2.RecordCount-1 do
    begin
        Sheet.Cells[index,1]:=Form1.ADOQuery2.Fields.Fields[0].AsString;
        Sheet.Cells[index,2]:=FormatDateTime('dddddd',Form1.ADOQuery2.Fields.Fields[1].AsDateTime);
        Sheet.Cells[index,3]:=FormatDateTime('dddddd',Form1.ADOQuery2.Fields.Fields[2].AsDateTime);
        Inc(index);
    end;
    Form1.ADOQuery2.Next;
end;

```

```

end;
procedure TForm1.N13Click(Sender: TObject);
var s,st,q1,q2,nazv,kod,res:string;
    i,k,kolor,mesto:integer;
begin
Form7.ShowModal;
Form6.Series1.Clear;
Form6.Series2.Clear;
ADOQuery3.Active:=false;
ADOQuery3.Active:=True;
ADOQuery1.Active:=false;
ADOQuery1.Active:=true;
Polomki.Memo1.Lines.Clear;
Form3.Memo1.Lines.Clear;
while not Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Eof do begin
    s := "";
    s := Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Fields[2].asstring;
    Polomki.Memo1.lines.add(s);
    Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Next;
end;
ADOQuery2.SQL.Clear;
RabTable2.Active:=false;
RabTable2.Active:=true;
Memo2.Lines.Clear;
Memo3.Lines.Clear;
while not DBGrid3.Datasource.Dataset.Eof do
begin
    s := "";
    s := DBGrid3.Datasource.Dataset.Fields[0].asstring;
    Memo2.lines.add(s);
    DBGrid3.Datasource.Dataset.Next;
end;
DBGrid3.DataSource.DataSet.FindFirst;
while not DBGrid3.Datasource.Dataset.Eof do
begin
    s := "";
    s := DBGrid3.Datasource.Dataset.Fields[1].asstring;
    Memo3.lines.add(s);
    DBGrid3.Datasource.Dataset.Next;
end;
nazv:=LabeledEdit1.Text;

```

```

for i:=0 to Memo3.Lines.Count-1 do
  if nazv=Memo3.Lines[i] then
    k:=i;
kod:=Memo2.Lines[k];
for i:=0 to Form3.KodMemo.Lines.Count-1 do
  if kod=Form3.KodMemo.Lines[i] then
    k:=i;
res:=Polomki.Memo1.Lines[k];
ADOQuery2.SQL.Add('SELECT rabo4.[Название оборудования],rabo4.[Дата начала работы], (rabo4.[Дата
начала работы]+round(''+res+''/rabo4.[Нагрузка])) AS [Возможная дата поломки] FROM rabo4');
ADOQuery2.SQL.Add('WHERE rabo4.[Название оборудования]=''+nazv+''');
ADOQuery2.Open;
ADOQuery1.Active:=false;
ADOQuery1.Active:=true;
Form3.KodMemo.Lines.Clear;
Form3.NazvMemo.Lines.Clear;
while not Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Eof do
  begin
    s := '';
    st:= '';
    s := Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Fields[0].asString;
    q1:= Polomki.DBGrid2.DataSource.DataSet.Fields[1].AsString;
    st := Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Fields[1].asString;
    q1:=s+' - '+st;
    Form3.NazvMemo.lines.add(st);
    Form3.Memo1.Lines.Add(q1);
    Form3.KodMemo.lines.add(s);
    Polomki.DBGrid2.Datasource.Dataset.Next;
  end;
Polomki.DBGrid2.DataSource.DataSet.FindFirst;
for i:=0 to Form3.KodMemo.Lines.Count-1 do
  if Form7.kodeg=Form3.KodMemo.Lines[i] then mesto:=i;
  while not DBGrid1.Datasource.Dataset.Eof do
    begin
      if DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[0].AsString=Form7.kodeg then
        begin
          if round(DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[2].AsFloat) < round(StrToFloat(Polomki.Memo1.Lines[mesto])-
15*DBGrid3.DataSource.DataSet.Fields[3].AsFloat) then
            begin
Form6.Series1.Add(round(DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[2].AsFloat),DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[1].AsStri

```

```

ng,clgreen);
    Form6.Series2.Add(round(strtfloat(Polomki.Memo1.Lines[mesto])),",clblue");
end;
if (round(DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[2].AsFloat) >= round(StrToFloat(Polomki.Memo1.Lines[mesto])-
15*DBGrid3.DataSource.DataSet.Fields[3].AsFloat)) and
    (round(DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[2].AsFloat) <=
round(StrToFloat(Polomki.Memo1.Lines[mesto])+15*DBGrid3.DataSource.DataSet.Fields[3].AsFloat)) then
    begin

Form6.Series1.Add(round(DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[2].AsFloat),DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[1].AsStri
ng,clYellow);
    Form6.Series2.Add(round(strtfloat(Polomki.Memo1.Lines[mesto])),",clblue");
end;
if
    round(DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[2].AsFloat) >
round(StrToFloat(Polomki.Memo1.Lines[mesto])+15*DBGrid3.DataSource.DataSet.Fields[3].AsFloat) then
    begin

Form6.Series1.Add(round(DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[2].AsFloat),DBGrid1.DataSource.DataSet.Fields[1].AsStri
ng,clred);
    Form6.Series2.Add(round(strtfloat(Polomki.Memo1.Lines[mesto])),",clblue");
end;
DBGrid1.Datasource.Dataset.Next;
DBGrid3.DataSource.DataSet.Next;
end
else
DBGrid1.Datasource.Dataset.Next;
end;
Form6.ShowModal;
Form7.LabeledEdit1.Text:="";
end;
procedure TForm1.N15Click(Sender: TObject);
begin
Close;
end;
procedure TForm1.N17Click(Sender: TObject);
begin
ShowMessage('Магистерская работа студента группы ЭК-04м Гордиенко Д.В. ');
end;
end.
unit Unit2;
interface

```

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, Buttons, Mask, DBCtrls;

type

TForm2 = class(TForm)

Label1: TLabel;

DBEdit1: TDBEdit;

DBEdit2: TDBEdit;

Label2: TLabel;

Label3: TLabel;

DBEdit3: TDBEdit;

DBEdit4: TDBEdit;

Label4: TLabel;

BitBtn1: TBitBtn;

procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);

private

{ Private declarations }

public

{ Public declarations }

end;

var

Form2: TForm2;

implementation

uses Unit1;

{ \$R *.dfm }

procedure TForm2.BitBtn1Click(Sender: TObject);

begin

if Form1.RabTable2.Modified then

Form1.RabTable2.Post;

close;

end;

end.

Unit 3 не містить коду.

unit Unit4;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, Buttons, Grids, DBGrids, Menus;

type

TPolomki = class(TForm)

DBGrid1: TDBGrid;

```

DBGrid2: TDBGrid;
Memo1: TMemo;
MainMenu1: TMainMenu;
N1: TMenuItem;
N2: TMenuItem;
N3: TMenuItem;
N4: TMenuItem;
N5: TMenuItem;
procedure N2Click(Sender: TObject);
procedure N3Click(Sender: TObject);
procedure N4Click(Sender: TObject);
procedure N5Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
var
    Polomki: TPolomki;
implementation
uses Unit1, Unit5;
{$R *.dfm}
procedure TPolomki.N2Click(Sender: TObject);
begin
    Form1.ADOTable1.Insert;
    Form5.ShowModal;
end;
procedure TPolomki.N3Click(Sender: TObject);
begin
    Form5.ShowModal;
end;
procedure TPolomki.N4Click(Sender: TObject);
begin
    Form1.ADOTable1.Delete;
end;
procedure TPolomki.N5Click(Sender: TObject);
var s:string;
    i:integer;
begin
    Form1.ADOQuery1.Active:=false;
    Form1.ADOQuery1.Active:=true;

```

```

Memo1.Lines.Clear;
while not DBGrid2.Datasource.Dataset.Eof do begin
    s := "";
    s := DBGrid2.Datasource.Dataset.Fields[2].asString;
    Memo1.Lines.Add(s);
    DBGrid2.Datasource.Dataset.Next;
end;
end;
end.

unit Unit5;

interface

uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
    Dialogs, StdCtrls, Buttons, Mask, DBCtrls;

type
    TForm5 = class(TForm)
        Label1: TLabel;
        DBEdit1: TDBEdit;
        DBEdit2: TDBEdit;
        Label2: TLabel;
        Label3: TLabel;
        DBEdit3: TDBEdit;
        DBEdit4: TDBEdit;
        Label4: TLabel;
        Label5: TLabel;
        DBEdit5: TDBEdit;
        BitBtn1: TBitBtn;
        procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
    private
        { Private declarations }
    public
        { Public declarations }
    end;
var
    Form5: TForm5;
implementation
uses Unit4, Unit1;
{$R *.dfm}

```

```

procedure TForm5.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
if Form1.ADOTable1.Modified then
    Form1.ADOTable1.Post;
close;
end;
end.
unit Unit6;
interface
uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
    Dialogs, TeEngine, Series, ExtCtrls, TeeProcs, Chart, DbChart;
type
    TForm6 = class(TForm)
        DBChart1: TDBChart;
        Series1: TBarSeries;
        Series2: TBarSeries;
        procedure DBChart1Click(Sender: TObject);
    private
        { Private declarations }
    public
        { Public declarations }
    end;
var
    Form6: TForm6;
implementation
uses Unit1;
{$R *.dfm}
procedure TForm6.DBChart1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;
end.
unit Unit7;

interface
uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
    Dialogs, StdCtrls, Buttons, ExtCtrls;
type
    TForm7 = class(TForm)

```

```

    LabeledEdit1: TLabelEdit;
    BitBtn1: TBitBtn;
    procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    kodeg:string;
    { Public declarations }
end;
var
    Form7: TForm7;
implementation
uses Unit1;
{$R *.dfm}
procedure TForm7.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
    kodeg:=LabeledEdit1.Text;
close;
end;
end.

```