

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Металорізальні верстати та інструменти

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту

Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему: Підвищення техніко-економічних показників верстатів шляхом статистичного моделювання для оцінки стану обладнання

Виконала: студент 2 курсу, групи М-222м

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Металорізальні верстати та системи

_____ СУРКОВ С.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник _____ ТАНЧЕНКО С.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент _____ ДЯДЯ С.І.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний

Кафедра Металорізальні верстати та інструменти

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Металорізальні верстати та системи
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТА

СУРКОВ Сергій Юрійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Підвищення техніко-економічних показників верстатів шляхом статистичного моделювання для оцінки стану обладнання.

керівник проекту старший викладач ТАНЧЕНКО Сергій Віталійович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «10» листопада 2023 року №430

2. Строк подання студентом проекту 25.12.2023

3. Вихідні дані до проекту токарні верстати з ЧПУ PUMA 600M та PUMA 500

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Огляд понять про систему технічного обслуговування та ремонту техніки та сучасних тенденції використання системи ТОiP, аналіз наявних даних для визначення типу карт Шухарта, вибір об'єкта дослідження, джерела даних та методики отримання даних, розрахунок та побудова карт Шухарта для визначених даних, та їх аналіз, запропонування модель ТОiP.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) презентація

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	старший викладач ТАНЧЕНКО С.В.	11.09.23	20.10.23
2	старший викладач ТАНЧЕНКО С.В. к.т.н., доцент ФРОЛОВ М.В.	21.10.23	20.12.23
Нормоконтроль	старший викладач ОГЛУЗДІНА Л.С.		

7. Дата видачі завдання « 11 » 09 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз систем технічного обслуговування та ремонту техніки	11.09.23-18.09.23	
2	Огляд тенденції щодо визначення використаної системи ТОiP	19.09.23-26.09.23	
3	Аналіз наявних даних для визначення типу карт Шухарта	27.09.23-19.10.23	
4	Основні принципи побудови карток Шухарта	20.10.23-09.11.23	
5	Вибір об'єкта дослідження, джерела даних та методики отримання даних	10.11.23-29.11.23	
6	Розрахунок, побудова карт Шухарта для визначених даних, та їх аналіз	30.11.23-14.12.23	
7	Розробка презентації	15.12.23-20.12.23	

Студент

_____ Сергій СУРКОВ
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проєкту

_____ Сергій ТАНЧЕНКО
(підпис) (ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерського проекту:, стор.52, рис. 10, таблиць 5, джерел 15.

РЕМОНТ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ПЛАНОВО-ПОПЕРЕДНІ РЕМОНТИ, РЕМОНТ/ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ З ПОДІЇ, РЕМОНТ З СТАНУ, ПОТІК ДАНИХ, КАРТИ ШУХАРТУ.

Завдання на комплексний науково-дослідний курсовий проект - Аналіз існуючих систем технічного обслуговування парку верстатного обладнання та розробка системи обслуговування з використанням карток Шухарта для обробки та аналізу даних стану обладнання.

Метою роботи є розробка системи технічного обслуговування та ремонту техніки на підставі вибірки з масиву статистичних даних про технічний стан обладнання.

Система системи технічного обслуговування та ремонту техніки: сукупність взаємозалежних засобів, документації технічного обслуговування та ремонту та виконавців, необхідних для підтримки та відновлення якості виробів, що входять до цієї системи.

В роботі розглянуто основні фактори створення підсистеми прогнозування технічного обслуговування та ремонту обладнання, які поєднують переваги всіх основних стратегій технічного обслуговування та ремонту шляхом використання суміщеного технічного обслуговування, спрямованого як на зниження загального обсягу технічного обслуговування, так і на максимізацію терміну служби обладнання та зниження рівня витрат пов'язаного. зі збільшенням міжремонтних термінів та зниженням частоти застосування ремонту/технічного обслуговування за подією.

ABSTRACT

Explanatory note: page 52, figure 10, tables 1, sources 15.

REPAIR, MAINTENANCE, PLANNED PREVENTIVE REPAIR, REPAIR /MAINTENANCE BY EVENT, CONDITION-BASED REPAIR, DATA STREAM, STATISTICAL PROCESSING OF DATA ARRAY, SHEWHART CHARTS.

Task for the comprehensive scientific research course project - Analysis of existing technical service systems for a machine equipment park and development of a service system using Shewhart charts for data processing and equipment condition analysis.

The objective of the work is to develop a technical service and repair system based on a dataset of equipment's technical condition.

The technical service and repair system: a combination of interconnected means, technical service and repair documentation, and performers necessary to maintain and restore the quality of products included in this system.

The paper considers the main factors for creating a subsystem for predicting technical service and repair of equipment, which combine the advantages of all major strategies for technical service and repair by using combined technical service aimed at reducing the overall volume of technical service and maximizing the equipment's service life, while reducing the cost associated with increasing inter-repair intervals and decreasing the frequency of repair/technical service by event.

ЗМІСТ

	6
	С.
Вступ.....	7
1 Літературний огляд.....	9
1.1 Загальні поняття та положення.....	10
1.1.1 Загальні поняття про систему технічного обслуговування та ремонту техніки.....	9
1.1.2 РТОП – ремонт/технічне обслуговування за подією	13
1.1.3 ППР - планово попереджувальні ремонті.....	13
1.1.4 ОФС - обслуговування за фактичним станом.....	15
1.2 Сучасні тенденції щодо визначення використовуваної системи ТОіР	17
1.2.1 СТО - суміщене технічне обслуговування.....	17
1.2.2 Сучасні джерела даних для підсистеми контролю стану обладнання	18
2 Аналіз наявних даних для визначення типу карт Шухарта які плануються застосувати для аналізу даних.....	19
2.1 Основні принципи побудови карток Шухарта.....	21
2.1.1 Типи карт карт Шухарта.....	21
2.1.2 Вибір типу картки Шухарта для використовуваних даних	25
2.2. Вибір об'єкта дослідження, джерела даних та методики отримання даних.....	28
2.2.1 Вибір об'єкта дослідження.....	28
2.2.2 Визначення методики отримання даних.....	31
2.2.3 Вибір даних для аналізу.....	32
2.3 Розрахунок, побудова карт Шухарта для визначених даних, та їх аналіз	33
2.3.1 Аналіз отриманих даних.....	33
2.3.2 Розрахунок карток Шухарта.....	39
2.3.3 Побудова X - і R-карти.....	42

	7
2.4 Запропонована модель ТОіР з урахуванням прогнозу поведінку вер- статного устаткування з використанням карт Шухарта.....	42
Висновки.....	44
Список літературних джерел.....	45

ВСТУП

В умовах сучасної економіки промислові підприємства потребують систем, які будуть здатні прогнозувати поведінку обладнання, попереджати про швидку появу аварійних ситуацій.

Проведення комплексу робіт з ТОіР завжди пов'язане з необхідністю зупинки обладнання, тобто виключення обладнання з виробничого циклу.

При експлуатації технологічного обладнання розрізняють три основні стратегії управління його технічного обслуговування та ремонту:

- ремонт/технічне обслуговування за подією;
- планово-попереджувальний ремонт;
- обслуговування за фактичним станом.

Існує стійке прагнення підприємства об'єднувати переваги всіх основних стратегій технічного обслуговування та ремонту шляхом використання суміщеного технічного обслуговування, спрямованого як на зниження загального обсягу технічного обслуговування, так і на максимізацію терміну служби обладнання та зниження рівня витрат, пов'язаних із збільшенням міжремонтних термінів та зниженням частоти застосування РТОП

Застосуванням СТО підходу дозволяє знизити збільшити коефіцієнт використання обладнання без суттєвого збільшення витрат, а також допоможуть коректніше здійснювати планування бюджету підприємства.

Ідея такого технічного обслуговування полягає в тому, що на кожному тимчасовому горизонті планування ТОіР використовуються свої технології (ППР, ОФС).

Метою роботи є завдання створення підсистеми прогнозування технічного обслуговування та ремонту обладнання з використанням статистичної обробки масиву даних про стан обладнання з використанням карт Шухарта.

Для вирішення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Виконати огляд літератури за організацію ремонту/техобслуговування обладнання.
2. На основі рекомендацій виробників верстатного обладнання провести аналіз міжремонтних термінів/термінів проведення ТО для досліджуваної групи обладнання.
3. Провести аналіз даних про реальні міжремонтні терміни проведення налагодження/ремонту після втрати обладнанням заявленої точності для видів контрольних параметрів та вибору граничних значень цих параметрів.
4. Провести аналіз даних для вибору типу карт Шухарта та вибір методики визначення центральної (CL) та контрольних ліній (UCL та LCL).
5. Визначити джерело даних, періодичності вибірки та її довжину, визначити методику проведення вимірювань параметрів зниження величини «шуму»
6. Проаналізувати та зробити розрахунок міжремонтного терміну для верстата DAEWOO PUMA 600M на підставі отриманого масиву даних та порівняти терміни з натурними даними.
7. Запропонувати модель ТОіР з урахуванням прогнозу поведінку верстатного устаткування з використанням карт Шухарта.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ТОіР - система технічного обслуговування і ремонту техніки

ТО - технічне обслуговування;

РТОТ - ремонт/технічне обслуговування за подією ;

ППР - планово-попереджувальний ремонт;

ОФС – Обслуговування по фактичному стану;

СТО – суміщене технічне обслуговування .

1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

1.1 Загальні поняття та положення

1.1.1 Загальні поняття про систему технічного обслуговування та ремонту техніки

Система технічного обслуговування та ремонту техніки: сукупність взаємозалежних засобів, документації технічного обслуговування та ремонту та виконавців, необхідних для підтримки та відновлення якості виробів, що входять до цієї системи.

Технічне обслуговування: комплекс технологічних операцій та організаційних дій щодо підтримки працездатності або справності об'єкта при використанні за призначенням, консервацією, транспортуванням та зберіганням.

Ремонт: комплекс технологічних операцій та організаційних дій щодо відновлення працездатності, справності та ресурсу об'єкта та/або його складових частин.

Сучасні системи технічного обслуговування та ремонту промислового обладнання розвивалися протягом тривалого часу та пройшли низку етапів еволюції. Ось короткий огляд історії становлення таких систем:

Ранній період: на початку промислової доби обслуговування та ремонт обладнання в основному здійснювалися керівниками виробництва або досвідченими робітниками без формалізованих систем. Відсутність стандартизації та організації призводила до нерегулярного обслуговування та довгих простоїв.

Введення попереджувального обслуговування: у 1950-1960-ті роки з розвитком технологій та автоматизації з'явилася концепція попереджувального обслуговування. Вона передбачала проведення регулярних профілактичних робіт та оглядів обладнання, щоб запобігти виникненню поломок та знизувати ймовірність відмов.

Програмне обслуговування та діагностика: У 1970-1980-ті роки стали активно використовуватися комп'ютерні системи для планування та контролю

технічного обслуговування. Програми дозволяли створювати розклад робіт, контролювати стан обладнання та надавати дані для діагностики поломок. Впровадження електроніки та датчиків дозволило здійснювати автоматичне моніторингове обслуговування.

Концепція TPM (Total Productive Maintenance): наприкінці 1980-х років у Японії було розроблено концепцію TPM, або «Повне виробниче обслуговування». Вона передбачає широке залучення персоналу на всіх рівнях в обслуговування та підтримання обладнання, а також акцент на проактивне обслуговування та запобігання поломкам.

З розвитком технологій в останні десятиліття системи технічного обслуговування та ремонту промислового обладнання стали все більш автоматизованими. Сенсори та датчики моніторять стан обладнання в режимі реального часу, а дані передаються в хмарні системи для аналізу та прийняття рішень. Розвинені методи статистичної Це дозволяє проводити прогнозування поломок, планувати обслуговування та ремонт на основі фактичних даних та збільшувати ефективність експлуатації.

Сучасні системи технічного обслуговування та ремонту промислового обладнання продовжують розвиватися та інтегрувати нові технології, такі як штучний інтелект, аналітика даних та автономні системи. Вони спрямовані на підвищення доступності обладнання, зниження витрат на обслуговування та покращення продуктивності підприємств.

Весь комплекс операцій з ТОіР обладнання можна класифікувати на дві групи: планові профілактичні роботи, пов'язані переважно з попередженням відмов та ушкоджень; роботи з виявлення та усунення дефектів, що викликали відмови та ушкодження.

Між цими групами робіт практично можуть існувати різні співвідношення залежно від прийнятого критерію оптимальності та обраної стратегії проведення ТОіР. Але в будь-якому випадку основна вимога, що висувається до процесу експлуатації в цілому, полягає в тому, щоб при обмежених витра-

тах забезпечити найбільшу ймовірність того, що в необхідний момент часу функціональна система (устаткування, агрегат, складальна одиниця) виявиться працездатною та виконає поставлене завдання.

Профілактичні роботи становлять найбільшу частину обсягу ТОіР. Вони спрямовані на забезпечення безвідмовної експлуатації обладнання у міжремонтні періоди за рахунок попередження відмов та пошкоджень складальних одиниць та агрегатів та підтримки їх технічних характеристик у межах встановлених допусків.

Якщо система ТОіР побудована правильно, вона сприяє зменшенню потоку відмов і ушкоджень, збільшує довговічність устаткування. Однак на проведення профілактичних заходів та поточного ремонту витрачається певний час, протягом якого обладнання не може бути використане у роботі. І чим цей час більший, тим гірші показники ефективності використання обладнання. Крім того, для виконання ТОіР потрібен великий штат спеціалістів, дороге обладнання та діагностична апаратура, що, у свою чергу, погіршує показники економічної ефективності використання обладнання. Все це має враховуватись при розробці системи ТОіР

Мета системи ТОіР - це управління технічним станом обладнання протягом його терміну служби або ресурсу, що дозволяє обпекти:

- заданий рівень готовності обладнання до роботи;
- працездатність обладнання під час експлуатації;
- мінімальні витрати праці та коштів на виконання ТОіР.

При експлуатації технологічного обладнання розрізняють три основні стратегії управління його технічного обслуговування та ремонту:

- ремонт/технічне обслуговування за подією (РТОП);
- планово-попереджувальний ремонт (ППР);
- обслуговування за фактичним станом (ОФС).

Кожна з перерахованих стратегій має свої переваги та недоліки.

1.1.2 РТОП – ремонт/технічне обслуговування за подією

РТОП застосовуються при позапланових заходах, пов'язаних з подіями, що призводять до такого стану обладнання, коли воно не може виконувати свої функції в межах встановлених вимогами до цього обладнання.

Стратегія РТОП може бути задіяна в плановому порядку для масиву недорогих машин із дублюванням кожного відповідального потоку технологічного процесу. Механічне обладнання експлуатується до виходу з працездатного стану. Витрати технічне обслуговування у разі мінімальні, а заміна механізму дешевша, ніж витрати на його ремонт та обслуговування. Для складного обладнання з великою кількістю агрегатів та великим терміном служби ця стратегія є найбільш затратною як з точки зору витрат часу так і з точки зору матеріальних затрат.

1.1.3 ППР - планово попереджувальні ремонті.

Сутність системи ППР полягає в тому, що після відпрацювання обладнання певного часу проводяться профілактичні огляди та різні види планових ремонтів, періодичність та тривалість яких залежать від конструктивних та ремонтних особливостей обладнання та умов його експлуатації та зазвичай визначаються статистичними методами на підставі досвіду експлуатації даного типу обладнання. Тобто міжремонтні терміни мають встановлені календарні періоди, періоди, що визначаються термінами напрацювання обладнання або режимами роботи.

Система регламентного обслуговування/планово-попереджувального ремонту обладнання має велику кількість переваг, що зумовлюють її широке застосування у промисловості.

Переваги ППР:

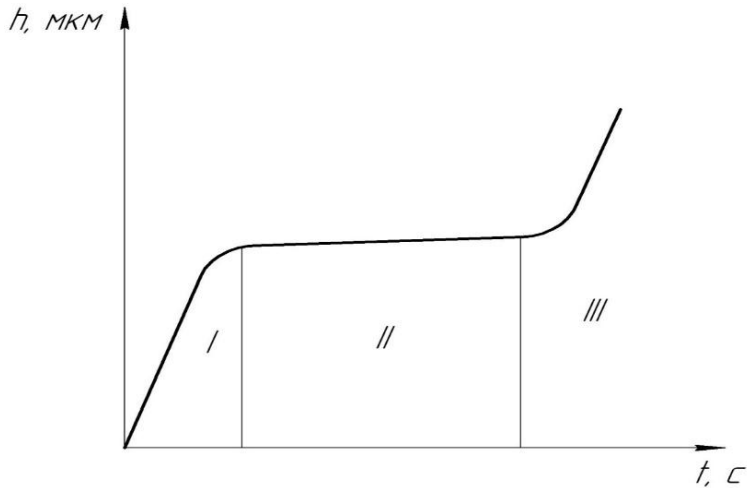
- такий вид обслуговування дає найвищий відсоток готовності обладнання;
- контроль за тривалістю міжремонтних періодів роботи обладнання;
- регламентування часу простою обладнання у ремонті;
- прогнозування витрат на ремонт обладнання, вузлів та механізмів;
- аналіз причин поломки обладнання;
- розрахунок чисельності ремонтного персоналу, залежно від складності ремонту устаткування.

Недоліки планів запобіжної системи походять з її переваг - це найдорожчий, оскільки фактичний стан устаткування певний регламентом час може і вимагати робіт з обслуговування чи ремонту.

Міжремонтні інтервали вибираються на підставі середньостатистичного міжремонтного терміну для кожного виду обладнання і зазвичай менше, ніж реальні міжремонтні терміни, для нового обладнання становлять від 1,4-1,5, а для обладнання з довгим строком експлуатації 0,75-0,5.

Фактично виявляється, що не менше ніж 50% регламентних ремонтних операцій для обладнання з невисоким строком служби виконуються без особливої необхідності, а для обладнання з довгим строком використання подія може настати значно раніше строку встановленого як міжремонтний. У деяких випадках безвідмовність роботи обладнання після технічного обслуговування або ремонту тимчасово знижується, до закінчення процесу приробітку що обумовлено циклом зношування (Рис.1.1) Процес приробітку (зона I) полягає в тому, що виступи на поверхнях, що контактують, змінюють свою форму, сам матеріал наклепується, і в результаті цих двох процесів – наклепу та зміни мікрогеометрії – створюються умови, що забезпечують пружний контакт.

Зниження показників надійності після ремонту також обумовлено появою відсутніх до обслуговування дефектів монтажу - «помилки виконавця».



Приробіток (I), період зносу (II) і катастрофічний знос (III)

Рисунок 1.1 – Діаграма залежності зносу від часу експлуатації [1]

1.1.4 ОФС - обслуговування за фактичним станом.

Обслуговування за технічним станом ОФС виконується за результатами експертної оцінки або вимірювання параметрів фактичного технічного стану обладнання, для випадку собівартість обслуговування менша, а готовність обладнання до застосування досить висока.

Сутність системи ОФС полягає в тому, що періодично на обладнанні проводиться контроль ключових параметрів на підставі яких робиться висновок про його стан і період до проведення необхідних робіт з ТО та різних видів ремонтів, періодичність та тривалість яких залежать від конструктивних та ремонтних особливостей обладнання. Тобто міжремонтні терміни визначаються за допустимим рівнем ключових параметрів із його подальшим прогнозуванням.

Існує обслуговування за двома типами контролю стану обладнання:

- Періодичним контролем передбачає виконання контролю технічного стану обладнання із встановленими у нормативно-технічній чи експлуатаційній документації періодичністю та обсягом, а обсяг операцій визначається технічним станом обладнання у момент початку технічного обслуговування.
- Безперервним контролем, передбачене нормативно-технічної чи експлуатаційної документації, виконується за результатами безперервного контролю технічного стану устаткування.

На підставі інформації про технічний стан вирішуються завдання:

- визначення термінів та обсягів ремонту;
- виявлення механізму з найгіршими параметрами, що потребує негайної заміни;
- оцінка якості проведеного ремонту;
- оцінка стану та якості монтажу нового обладнання.

Ефективність застосування стратегії ОФС може бути еквівалентна економії 30% загальних витрат на ТОіР.

Ефективність такої стратегії ТОіР дозволяє проводити ремонт найбільш зношеного устаткування, ліквідації помилок монтажу та контролю стану устаткування, що входить у експлуатацію після ремонту, та дозволяє значно знизити відсоток непередбаченого виходу з ладу обладнання та проведення РТОП.

Взагалі активні стратегії більш економічно вигідні так як впливають на стан обладнання до виникнення необхідності ремонту шляхом попереджувальної заміни вузлів і деталей або усуненням відхилень і несправностей у роботі механізмів (активна стратегія ремонтних впливів). Примусова заміна деталей не завжди економічно виправдана, проте підвищує безвідмовність роботи обладнання. Проблематичним, у разі, є вибір раціональних термінів і обсягів замінюваних деталей. Якщо технічний стан устаткування відоме, з'являється можливість знизити обсяги ремонтів і збільшити термін служби устаткування. Це

здійснюється шляхом виявлення та усунення дефектів і пошкоджень, що призводять до зниження ресурсу.

1.2 Сучасні тенденції щодо визначення використовуваної системи ТОіР

1.2.1 СТО - суміщене технічне обслуговування

Оскільки витрати на підтримку обладнання в робочому стані в собівартості продукції досягають 6-20%, то існує стійке прагнення підприємства об'єднувати переваги всіх основних стратегій технічного обслуговування та ремонту шляхом використання суміщеного технічного обслуговування (СТО-підходу), спрямованого як на зниження загального обсягу технічного обслуговування, так і на максимізацію терміну служби обладнання та зниження рівня витрат пов'язаного зі збільшенням міжремонтних термінів та зниженням частоти застосування РТОС.

В умовах сучасної економіки промислові підприємства потребують систем, які будуть здатні прогнозувати поведінку обладнання, попереджати про швидку появу аварійних ситуацій.

Проведення комплексу робіт з ТОіР завжди пов'язане з необхідністю зупинки обладнання, тобто виключення обладнання з виробничого циклу.

Застосуванням СТО підходу дозволяє знизити збільшити коефіцієнт використання обладнання без суттєвого збільшення витрат, а також допоможуть коректніше здійснювати планування бюджету підприємства. Тому завдання створення підсистеми прогнозування технічного обслуговування та ремонту обладнання є пріоритетним для будь-якого сучасного підприємства.

Ідея такого технічного обслуговування полягає в тому, що на кожному тимчасовому горизонті планування ТОіР використовуються свої технології (ППР, ОФС).

Так, на довгостроковому горизонті планування ТОіР за основу беруться показники ППР. Такі показники розраховуються прямим методом.

На оперативних горизонтах планування показники ТОіР визначаються виходячи з статистичної обробки даних вимірювань стану устаткування ОФС, і підставі формується фінансовий резерв.

Відповідно до суміщеного технічного обслуговування в міру скорочення горизонту планування здійснюється послідовне уточнення планових показників ТОіР. Основою для такого уточнення є дані про фактичний стан обладнання, технологічні режими його роботи, а також виконання планів з технічного обслуговування та ремонту обладнання в попередніх періодах.

1.2.2 Сучасні джерела даних для підсистеми контролю стану обладнання

Досягнення у розробці контрольно-вимірювальної апаратури та впровадження систем управління технологічними процесами забезпечують можливість як аналізувати стан устаткування шляхом виміру його технічних параметрів, а й передбачати з урахуванням аналізу змін виміряних параметрів необхідність проведення ремонту і планувати його терміни, т. є. проводити ремонт устаткування лише тоді, що він необхідний.

Даними для аналізу роботи системі можуть бути як данні сенсорів які є в складі обладнання так і данні отримані в ході вимірів технологічного стану обладнання або вимірів параметрів виробів.

Використання систем аналізу даних отриманих з різних джерел та застосування статистичних методів обробки цих даних дозволяє створити підсистему за допомогою якої можна отримувати контрольні маркери стану механізму.

Застосування рекомендацій підсистеми щодо стану обладнання знижує вимоги до кваліфікації працівників ремонтних служб.

На даний момент розроблено велика кількість різноманітних методики обробки статистичних даних зокрема інструменти спочатку розроблені для створення систем контролю зокрема «Сім інструментів якості»:

1. Діаграми Ісікави

Діаграми Ісікави (також звані «риб'ячий скелет» або «діаграми причинно-наслідкових зв'язків») є причинно-наслідковими діаграмами, які показують основну причину (та) конкретної події.

Поширеним способом побудови дійсно інформативного «риб'ячого скелета» є одночасне застосування методу «П'яти чому» (5 Whys) та діаграми причинно-наслідкових зв'язків.

2. Контрольний лист

Контрольний лист являє собою структурований, підготовлений бланк для збору та аналізу даних. Це універсальний інструмент, який може бути адаптований для найрізноманітніших цілей. Ці дані можуть бути кількісними або якісними. Коли інформація є кількісною, контрольний лист називається обліковим листом.

Визначальною характеристикою контрольного листа є те, що дані вносяться до нього у вигляді позначок ("галочок"). Типовий контрольний лист розділений на графи, і позначки, зроблені у різних графах, мають різні значення. Дані зчитуються з урахуванням розташування та кількості позначок у аркуші. Контрольні листи зазвичай використовують "шапку", що відповідає на п'ять запитань: Хто? Що? Де? Коли? Чому? Розробляйте оперативні визначення кожного з питань.

3. Гістограма

Гістограма є відображенням статистичної інформації, яка представляється прямокутниками для того, щоб показати частоту елементів даних у пос-

лідовних числових інтервалах однакового розміру. У найбільш поширеній формі гістограми незалежна змінна відкладається по горизонтальній осі, а залежна змінна графічно наноситься по вертикальній осі.

Основна мета гістограми – уточнити представлені дані. Це корисний інструмент для виведення даних в області або стовпці гістограми для встановлення частоти певних подій або категорій даних. Ці гістограми можуть допомогти відобразити найбільшу частоту. Типові області застосування гістограм аналізу основної причини включають подання даних для визначення домінуючої причини; розуміння розподілу проявів різних проблем, причин, наслідків тощо. Діаграма Парето, (пояснюється також у статті) є особливий тип гістограм.

4. Діаграма Парето

Діаграма Парето є важливим інструментом та рішенням. Оскільки ресурси організації обмежені, для власників процесів та зацікавлених сторін важливо розуміти першопричини помилок, дефектів тощо. Парето чудово представляє цей механізм чітким ранжируванням основних причин дефекту. Діаграма також відома як принцип 80:20.

Діаграма, названа на честь економіста і політолога Вільфредо Парето, являє собою тип графіка, який містить стовпці і лінійний графік, де окремі значення представлені в порядку зменшення стовпців, а накопичена сума представлена лінією. Ліва вертикальна вісь зазвичай становить частоту проявів. Права вертикальна вісь – сумарний відсоток загальної кількості проявів. Так як причини розташовуються в порядку зменшення їх значущості, кумулятивна функція є увігнутою. Як приклад вищевикладеного, щоб знизити кількість запізнень на 78%, досить усунути перші три причини.

5. Діаграма розсіювання або точковий графік

Точковий графік часто використовується для виявлення потенційних зв'язків між двома змінними, де одну з них можна вважати пояснювальною змінною, а іншу - залежною. Це дає хорошу візуальну картину відносин між двома змінними, і допомагає при аналізі коефіцієнта кореляції та регресійної

моделі. Дані відображаються у вигляді набору точок, кожна з яких має значення однієї змінної, що визначає положення горизонтальної осі, і значення другої змінної, що визначає положення вертикальної осі.

Точкова діаграма використовується, коли існує змінна, яка під контролем експериментатора. Якщо існує пара-метр, який систематично збільшується і / або зменшується при впливі іншого, це називається параметром управління або незалежною змінною і зазвичай наноситься по горизонтальній осі. Регулююча або залежна змінна зазвичай відкладається вздовж вертикальної осі. Якщо не існує залежної змінної, або змінної може бути нанесена по будь-якій з осей або на діаграмі розсіювання, вона відображає тільки ступінь кореляції (а не причинно-наслідкові відносини) між двома змінними.

6. Стратифікована вибірка

Стратифікована вибірка є методом вибіркового дослідження населення. У статистичних обстеженнях, коли групи населення у генеральній сукупності відрізняються, доцільно робити вибірку кожної групи (страти) окремо. Стратифікація є процесом розподілу членів суспільства на однорідні підгрупи перед здійсненням вибірки.

Страти повинні бути взаємовиключними: кожна одиниця населення має бути віднесена лише до одного шару. Втрати мають бути вичерпними: жодна одиниця населення може бути виключена. Потім у межах кожної страти проводиться проста випадкова вибірка чи систематична вибірка.

Це часто підвищує репрезентативність вибірки за рахунок зменшення помилки вибірки. Вона може давати середньозважену величину, котра має меншу мінливість, ніж середнє арифметичне простої випадкової вибірки населення. Я часто говорю групам, які курирую, що правильні процедури відбору є більш важливими, ніж просто наявність достатнього розміру вибірки.

7. Контрольні карти, також відомі як карти Шухарта або карти поведінки процесу.

Контрольна карта є особливий вид тимчасової діаграми, яка дозволяє значній зміні диференціюватися внаслідок природної мінливості процесу.

Дані інструменти використовуються в багатьох сферах статистичної обробки масивів даних дослідження трендів поведінки тих чи інших процесів соціологія, біологія, торгівля, діловодство і навіть у криміналістиці.

Для контролю параметрів мінливості стану обладнання за ключовими параметрами пропонується використовувати критерії ідентифікації виявлення спеціальних трендів параметрів за допомогою контрольних карт Шухарта за методикою наведеною у ДСТУ ISO 7870-2:2016 Статистичний контроль. Карты контрольні. Карты Шухарта.



Рисунок 1.2 – Схема організації ремонтного обслуговування верстатного обладнання

2 АНАЛІЗ НАЯВНИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ КАРТ ШУХАРТА ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ ЗАСТОСОВИВАТИ ДЛЯ АНАЛІЗУ ДАНИХ

2.1 Основні принципи побудови карток Шухарта

2.1.1 Типи карт карт Шухарта

Для контролю параметрів мінливості стану обладнання за ключовими параметрами пропонується використовувати критерії ідентифікації виявлення спеціальних трендів параметрів, наведених у ДСТУ ISO 7870-2:2016 Статистичний контроль. Карти контрольні. Карти Шухарта (далі Стандарт).

Контрольна карта – це графік (діаграма), на який послідовно, у порядку відбору вибірок наносять значення статистичного показника, що обчислюється за вибірковими даними. Цей графік використовують для аналізу та управління процесом з метою оцінки та зниження мінливості досліджуваного статистичного показника. Перш за все, це інструмент візуалізації та оцінки мінливості процесу та його результатів [7]. Зважаючи на це, Карти Шухарта є потужним інструментом для причинно-наслідкового аналізу, діалектичного синтезу, графічного опису [12].

Задачею побудови Карти Шухарта є виявлення точок процесу, що виходять зі стійкого стану для подальшого встановлення причин відхилення і його усунення. До цього також відносять: визначення можливостей процесу, визначення точок флуктуації та прогнозування якості процесу [15].

При визначенні стану процесу можливі 2 види помилок: помилка першого роду та помилка другого роду, що описані на рисунку 2.1.

Задачею карток Шухарта є врахування помилки лише першого роду, ймовірність появи яких приблизно дорівнює 0,3% для контрольних меж.

Контрольні межі — коридор, у якому лежать значення при стабільному стані процесу.

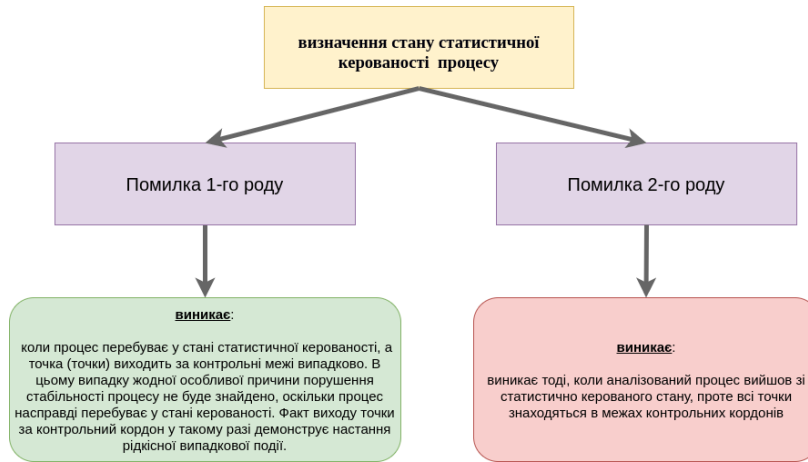


Рисунок 2.1 – Помилки при аналізі керованості процесу

Карти Шухарта вирішують питання, які ставляться зазвичай перед статистичними процедурами. Робота з ними не передбачає будову теоретичної моделі для даних, отриманих для якого-небудь добре визначеного явища, за допомогою контрольної карти вирішують, чи можна використовувати послідовність даних для передбачення того, що відбудеться у майбутньому. Сутність статистичної керованості – у передбаченні [6]. Відповідно до цього можна зробити висновок, що ККШ дають відповідь на питання, в які періоди у процесі був керований стан, а в який некерований.

Карта Шухарта це візуальний інструмент, що застосовується контролю змін параметрів процесу у часі для здійснення статистичного контролю стабільності процесу.

Контрольною картою представляють статистичну міру, отриману за кількісними чи альтернативними даними.

Альтернативні дані (з дискретним показником) для обчислення вибірових статистичних показників і побудови контрольних карт отримують в результаті розподілу продукції, що перевіряється або результатів процесу на дві

групи: відповідні та невідповідні вимогам, тобто за принципом придатний або непридатний.

Кількісними дані (з неперервним показником) називають ті, які отримують за допомогою шкальних вимірювальних приладів чи інструментів.

Застосування таких карт передбачає, що контрольована характеристика підпорядковується нормальному розподілу Гауса, як на рисунку 2.2. У разі відхилення від цього розподілу ефективність самих карт знижуються.

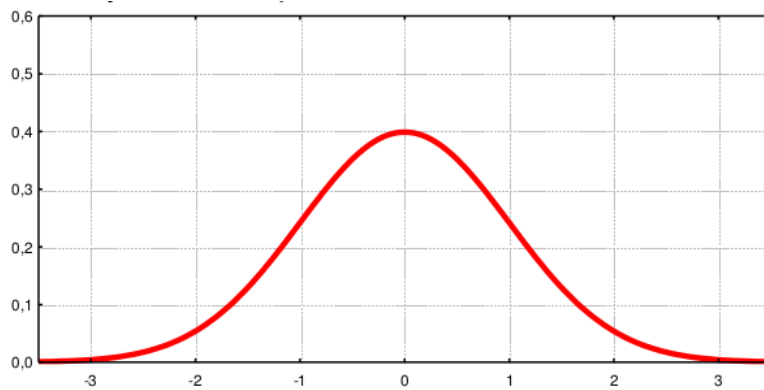


Рисунок 2.2 – Нормальний розподіл Гауса

Також карти Шухарта поділяються на якісні та кількісні. Серед можливих варіантів за вибіркоvim параметром –ковзних розмахів, карти індивідуальних значень, середнього, середньоквадратичного відхилення, медіани та розмаху.

Контрольні межі розраховуються за формулами, що жорстко прив'язані до типу карти; ці межі обчислюються за даними про процес, і ніяк не пов'язані з допусками:

CL (з англ. «central line») - центральна лінія, яка відповідає опорному або стандартному значенню досліджуваної характеристики. Таким опорним

значенням може бути (зазвичай середнє значення або медіана за деяким обсягом даних):

- коли потрібно визначити стан статистичної керованості, опорним значенням найчастіше може бути середнє арифметичне статистичного показника;
- при керованому процесі, опорне значення встановлюють у технічних умовах або беруть значення, що базується на попередній інформації про процес, коли такий знаходився в керованому стані.

Окрім центральної лінії, на картах Шухарта також розміщують 2 лінії, що окремо вираховуються та розташовуються по обидва боки від CL: верхня та нижня контрольні межі:

LCL - нижня контрольна межа,

UCL – верхня контрольна межа.

Ознаки особливої мінливості сигналізують про порушення стабільності (керованості) процесу:

- вихід точок за верхню або нижню межі контрольної картки;
- 7 або більше точок поспіль лежать по одну сторону від середньої лінії;
- більше 6 точок монотонно зростають чи зменшуються. [3]

Також є інші ознаки але рахується що встановленого стандартом набору додаткових правил читання контрольних карт немає, тому рекомендується використовувати правило Шухарта (вихід точок зарубіжних кордонів), але можливо вводити інші міри сигналізації у разі потреби.

Карти Шухарта призначені для вирішення наступних завдань:

- безперервний статистичний аналіз стану технологічних процесів у часі:
- регулярний контроль технологічної точності обладнання, заданої експлуатаційною документацією:
- виявлення причин нестійкості технологічного процесу у часі;
- встановлення можливостей модернізації технологічних процесів;
- здійснення статистичного керування технологічними процесами.

Ці карти дозволяють:

- візуалізувати фактичні дані;
- мінімізувати можливість помилкових тривог;
- виявляти причини варіацій;
- мінімізувати можливе втручання у процеси та непотрібні роботи з технічного обслуговування;
- формувати ефективний зворотний зв'язок на вжиті дії щодо усунення несприятливих трендів.

2.1.2 Вибір типу картки Шухарта для використовуваних даних

Оскільки дані про стан устаткування це безперервний дискретний потік даних можна припускати, що виконуються наступні умови:

- процес знаходиться у нормальному стані (центральна лінія проведена через значення, рівне середньому \bar{X} контрольованої характеристики генеральної сукупності даних);
- значення наступних одна за одною вибірок незалежні (відсутня автокореляція – вибір часу між вибірками);
- вибіркові значення контрольованої характеристики розподілені за нормальним законом Гауса.

Для їхнього аналізу пропоную використовувати Контрольні карти з метою оцінки внутрішньої мінливості процесу - X-R-картки Шухарта [8].

X-R-карта Шухарта - це ефективний спосіб виявлення деградації будь-яких контрольованих процесів на ранній стадії. X-карта призначена для моніторингу процесу за кількісною ознакою.

Додано примітку [МФ1]: Откуда взяли что подчиняется?

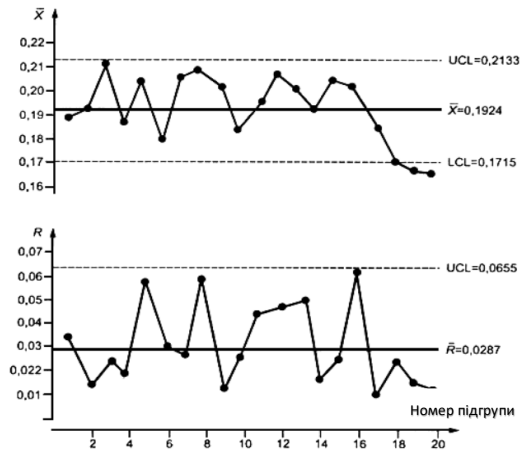


Рисунок 2.3 - Пример контрольных X и R карт

Будування цієї картки робиться наступним чином результати вимірювань контрольного показника формуються в однорідні вибірки (групи), кожна з яких містить кілька вимірювань. По кожній вибірці обчислюється середнє вибіркове \bar{X} , яке наноситься на карту.

Для детального аналізу контрольних X-карт Шухарта використовується метод аналізу зон. Для цього область контрольної карти над центральною лінією карти та під нею ділиться на три еквівалентні зони А, В та С. Ці зони називають «сигмовими» зонами. Де σ - Стандартне відхилення розподілу вибіркових середніх. Кожній зоні приписують можливість перебування у ній точок наносяться на контрольну карту у припущенні нормального закону розподілу. Якщо вимірювання контролюваного параметра мають нормальний розподіл, близько 68,26 % всіх значень лежать у межах $\pm \sigma$ від центральної лінії, близько 95,44 % — у межах $\pm 2\sigma$ і близько 99,73 % — у межах $\pm 3\sigma$. Ці дані є основою прийняття рішень про необхідність техобслуговування.

Щодо визначення LCL та UCL то Стандартом передбачено визначення дистанції, що дорівнює трьом середньоквадратичним відхиленням вибіркових середніх значень у $\pm 3\sigma$ (три сігми) від центральної лінії, які помічають на карті

Шухарта як контрольні межі. При побудові R-карти за кожною вибіркою (групою вимірювань) знаходять розмах, який наносять на карту із встановленими на ній контрольними межами.

Розмах R - це різниця між найбільшим і найменшим значенням у кожній вибірці. Вихід точки за контрольні межі сигналізує про розлад процесу. Рекомендується одночасно будувати карту середнього X і карту розмахів R на одному аркуші.

Таблиця 2.1 – Формули для знаходження контрольних меж карт індивідуальних значень для комбінованої XmR карти.

Статистика	Оцінки контрольних меж			Задані контрольні межі	
	Центральна лінія	U _{CL} та L _{CL}		Центральна лінія	U _{CL} та L _{CL}
Індивідуальне значення X	X	X ± 2,660 R _m		μ ₀	μ ₀ ± 3σ ₀
Ковзний розмах R	R _m	3,267 R _m	0	1,128σ ₀	3,686σ ₀ 0

Примітка 1. μ₀ та σ₀ – задані значення.
Примітка 2. R_m – середнє ковзних розмахів двох послідовних спостережень.

Таблиця 2.2 Коефіцієнти для розрахунку меж контрольних карток

Обсяги вибірки n	Коефіцієнти для обчислення контрольних кордонів						Коефіцієнти для обчислення центральної лінії CL								
	A1	A2	A3	B3	B4	B5	B6	D1	D2	D3	D4	C4	1/ C4	d2	1/ d2
2	2,12	1,88	2,65	0,00	3,27	0,00	2,61	0,00	3,69	0,00	3,27	0,797	1,253	1,13	0,887
3	1,73	1,02	1,95	0,00	2,57	0,00	2,27	0,00	4,36	0,00	2,57	0,889	1,128	1,69	0,591
4	1,50	0,73	1,63	0,00	2,27	0,00	2,09	0,00	4,70	0,00	2,28	0,921	1,085	2,06	0,486
5	1,342	0,577	1,427	0,00		0,000	1,964	0,00	4,918	0,000	2,114	0,940	1,063	2,326	0,429
6	1,22	0,48	1,29	0,03	1,97	0,03	1,87	0,00	5,08	0,00	2,00	0,951	1,051	2,53	0,395
7	1,13	0,42	1,18	0,12	1,88	0,11	1,81	0,20	5,20	0,08	1,92	0,959	1,042	2,70	0,370
8	1,06	0,37	1,10	0,18	1,81	0,18	1,75	0,39	5,31	0,14	1,86	0,965	1,036	2,85	0,351
9	1,00	0,34	1,03	0,24	1,76	0,23	1,71	0,55	5,39	0,18	1,82	0,969	1,032	2,97	0,337
10	0,95	0,31	0,97	0,28	1,72	0,28	1,67	0,69	5,47	0,22	1,78	0,973	1,028	3,08	0,325
11	0,90	0,28	0,93	0,32	1,68	0,31	1,64	0,81	5,53	0,26	1,74	0,975	1,025	3,17	0,315
12	0,87	0,27	0,89	0,35	1,65	0,35	1,61	0,92	5,59	0,28	1,72	0,978	1,023	3,26	0,307

Динаміка контролю стану устаткування задається необхідним періодом збирання даних. При використанні карток Шухарта він визначається виходячи з технічних характеристик обладнання та режиму його експлуатації.

Дискретність вибірки параметрів горизонту планування задається або виходячи з вимог експлуатаційної документації, або з досвіду експлуатації даного типу обладнання, на першому етапі можливе використання даних агрегатних журналів і накладення їх даних на результати обстеження при подіях, що призвели до РТОС і проведення ППР.

Карти Шухарта зазвичай використовують дані одержувані вибірково через приблизно рівні інтервали. Вони у свою чергу можуть бути задані або за часом або за кількісними параметрами.

Практичне застосування контрольних карт Шухарта включає три етапи.

На першому етапі здійснюється попереднє налаштування карт. Визначаються вибірки, відбувається збирання даних із устаткування, обчислюються контрольні межі і потім відбувається попередній аналіз статистичного стану.

На другому етапі здійснюється моніторинг процесу з використанням певних контрольних кордонів.

На третьому етапі відбувається зниження варіабельності (зменшення ширини зони між верхньою та нижньою контрольними межами) шляхом уточнення зони сигмових зон на підставі накопичених статистичних вибірок.

Переналаштування та налагодження обладнання на цьому етапі веде до оновлення граничних значень карти Шухарта та до можливості її використання у новому діапазоні вимірювання параметрів обладнання. Це дозволяє розширювати діапазон контролю основних параметрів по всьому періоді ТОіР.

2.2. Вибір об'єкта дослідження, джерела даних та методики отримання даних.

2.2.1 Вибір об'єкта дослідження

З метою отримання коректних даних необхідно вибрати об'єкт дослідження таким чином, щоб можна було максимально виключити вплив випадкових факторів і виконати умови повторюваності вимірювань, які дозволять проконтролювати отримані результати, а також автоматизувати збір даних для скорочення термінів проведення дослідження.

Як об'єкт для дослідження пропонується токарні верстати з ЧПУ PUMA 600M та PUMA 500 від концерну DAEWOO які відносяться до серії верстатів PUMA і які виготовляються її підрозділом Doosan Machine Tools.

Ця серія верстатів характеризується високою продуктивністю та точністю та призначена для різних операцій токарної обробки.

Використання у верстаті пристрою попереднього налаштування інструменту дозволяє знизити матеріальні витрати та витрати часу на проведення інструментальних вимірювань. А проведення дослідження на 2 одиницях даного обладнання дозволить підвищити точність отриманої моделі.

Досліджувані верстати:

Таблиця 2.3 Технічні характеристики токарного верстату з ЧПУ PUMA 600M

Параметри обробки	Значення
1	2
Максимальна довжина точіння	1600 мм
Максимальний діаметр точіння	900 мм
Діаметр патрону	450 мм
Напрявні	
Кількість вісей	3

Кінець таблиці 2.3

1	2
Швидкість переміщення по вісі X	12 м/хв
Швидкість переміщення по вісі Z	16 м/хв
Головний шпиндель	
Швидкість шпинделя	1800 об/хв
Потужність двигуна	45 кВт
Крутний момент	9025 Н*м
Револьвер	
Позицій інструменту	12
Максимальний діаметр вільного накладання	310 мм
Товщина плити головки	140 мм
Діаметр хвостовика	60(80)
Інші параметри	
Система ЧПУ	Fanuc
Габарити	
Довжина	5760 мм
Висота	2780 мм
Глибина	3145 мм
Вага	14300 кг

Таблиця 2.4 Технічні характеристики токарного верстату з ЧПУ
PUMA 500

Параметри обробки	Значення
1	2
Максимальна довжина точіння	1575 мм
Максимальний діаметр точіння	900 мм
Діаметр патрону	450 мм

Кінець таблиці 2.4

1	2
Напрявні	
Кількість вісей	2
Швидкість переміщення по вісі X	12 м/хв
Швидкість переміщення по вісі Z	16 м/хв
Головний шпиндель	
Швидкість шпинделя	1800 об/хв
Потужність двигуна	45 кВт
Крутний момент	9025 Н*м
Револьвер	
Позицій інструменту	12
Максимальний діаметр вільного накладання	330 мм
Товщина плити головки	150 мм
Діаметр хвостовика	32 мм
Інші параметри	
Система ЧПУ	Fanuc
Габарити	
Довжина	5760 мм
Висота	2780 мм
Глибина	3145 мм
Вага	14000 кг

2.2.2 Визначення методики отримання даних

Для отримання даних про точність металорізального верстата PUMA 600M можна використовувати такі методики:

1. Геометричний аналіз: Цей підхід включає вимірювання геометричних характеристик верстата, таких як площина, прямолінійність, паралельність, перпендикулярність та інші параметри. Ви можете використовувати вимірювальні інструменти, наприклад лазерний інтерферометр або систему з координатно-вимірювальною машиною (КІМ), щоб отримати точні вимірювання та порівняти їх з вимогами специфікацій.

2. Вимірювання похибки позиціонування: PUMA 600M є верстатом із числовим програмним управлінням (ЧПУ). Можна використовувати ЧПУ для виконання серії позиціонування і потім виміряти фактичне положення інструменту або робочої області верстата за допомогою датчиків вимірювання або системи КІМ. Потім порівняйте отримані дані із заданими координатами, щоб визначити похибки позиціонування.

3. Моніторинг динамічних характеристик: PUMA 600M має певні динамічні характеристики, такі як швидкість, прискорення, вібрації і т. д. Можна використовувати датчики для моніторингу цих характеристик під час роботи верстата. Це дозволить вам оцінити стабільність, точність та динамічну поведінку верстата в різних умовах експлуатації.

4. Статистичний аналіз: Збирайте дані про процес обробки, наприклад, діаметри виготовлених деталей, товщину стінок, глибину обробки тощо. Потім використовуйте методи статистичного аналізу, такі як середнє значення, стандартне відхилення та діапазон, для аналізу отриманих даних та визначення точності процесу обробки на верстаті.

Для обраного типу обладнання найбільше підходить суміщення методів 2 і 4, які найкраще відповідає нашим вимогам та цілям оцінки точності металорізального верстата PUMA 600M. Враховуючи доступні ресурси, тип вимірювань та точності, які необхідно досягти для виконання поставленого завдання.

2.2.3 Вибір даних для аналізу

Дані для аналізу включають дані щодо вимірювання параметрів виробів які щодня вибірково проводить служба контролю якості при контролі якості виробництва для порівняння виявлених відхилень використовувати дані отримані при використанні пристрою попереднього налаштування інструменту які проводяться, також для контролю використовуються інструментальні данні технічного контролю обладнання в ході технічних перевірок та вимірів технологічної точності обладнання.

З кожної партії виробів в 30 од. Відділом контролю якості проводився контроль параметрів 5 випадкових виробів, всього взято 60 вибірок. Також для розрахунку використано журнал даних коригування похибки позиціонування верстата на початку зміни.

Коефіцієнт змінності використання верстатного обладнання становить 2,2 терміни напрацювання протягом циклу нагляду 1120 часів на один верстат.

Дані отримані зазначеними способами мають високу ступінь достовірності та повторюваності та у зв'язку з доступністю даних на великому періоді дозволяють отримати досить вузький інтервал довіри.

В якості верхньої та нижньої контрольної межі (UCL та LCL) встановлюються граничні значення контрольованого параметра після якого **втрачається потрібна точність.** Контрольні лінії на карті Шухарта знаходяться на відстані 3σ від центральної лінії, де σ - генеральне стандартне відхилення (встановлений стандартом допуск (дисперсія)) таблиця 2.1 [3]. Дані заносяться до таблиці для розрахунку в програма Statistica.

Додано примітку [МФ2]: Непонятно почему

2.3 Розрахунок, побудованні карток Шухарта для визначених даних, та їх аналіз

2.3.1 Розрахунок карток Шухарта

Верстати визначені для дослідження виробляли протягом усього циклу досліджень однотипну продукцію. Для дослідження використовувався найбільш критичний параметр точності за точністю для виробу - внутрішня поверхня посадкового місця кріплення підшипника кочення. Заготовка оброблюваної деталі має високу поверхневу твердість та в'язкість. Дані вимірів для верстата PUMA 600M наведені у таблиці 2.5.

За наявними даними побудовано, контрольні карту середніх значень, карту розмахів та визначено, чи технологічний процес є стабільним.

Таблиця 2.5 – Дані вимірювань верстата PUMA 600M

№ Вибірка	Номер в вибірці	Вимір мм	№ Вибірки	Номер в вибірці	Вимір мм x 10 ⁻³
1	1	9,96	31	1	10,01
1	2	9,94	31	2	9,98
1	3	10,04	31	3	10,02
1	4	9,96	31	4	9,86
1	5	9,79	31	5	10
2	1	10,02	32	1	9,98
2	2	10	32	2	10,03
2	3	10	32	3	10
2	4	9,96	32	4	9,95
2	5	10,07	32	5	10,03
3	1	9,92	33	1	9,91
3	2	10,08	33	2	10,05
3	3	10,02	33	3	9,92
3	4	10	33	4	10,08
3	5	10,07	33	5	9,92

Продовження таблиці 2.5

4	1	9,85	34	1	9,77
4	2	10,12	34	2	10,09
4	3	9,96	34	3	10,04
4	4	9,9	34	4	9,97
4	5	9,95	34	5	9,98
5	1	10,08	35	1	10,04
5	2	10,17	35	2	10,33
5	3	9,96	35	3	9,71
5	4	10,04	35	4	10,1
5	5	9,91	35	5	9,84
6	1	10,02	36	1	10,03
6	2	10,1	36	2	9,99
6	3	10,01	36	3	9,98
6	4	10,06	36	4	9,81
6	5	10,04	36	5	9,97
7	1	10,01	37	1	9,86
7	2	9,99	37	2	9,99
7	3	10,08	37	3	10,19
7	4	10,1	37	4	9,85
7	5	9,99	37	5	10,04
8	1	9,92	38	1	10,08
8	2	9,92	38	2	10,12
8	3	10,03	38	3	10,09
8	4	10,09	38	4	9,99
8	5	9,95	38	5	10,16
9	1	10,06	39	1	9,95
9	2	9,97	39	2	9,95
9	3	9,99	39	3	10,04
9	4	9,79	39	4	10,07
9	5	9,91	39	5	9,93
10	1	9,92	40	1	10
10	2	10,22	40	2	9,92

Продовження таблиці 2.5

10	3	9,81	40	3	9,92
10	4	10,03	40	4	10
10	5	10,11	40	5	9,98
11	1	10,01	41	1	9,96
11	2	9,98	41	2	9,94
11	3	10,02	41	3	10,04
11	4	9,86	41	4	9,96
11	5	10	41	5	9,89
12	1	9,98	42	1	10,02
12	2	10,13	42	2	10
12	3	10	42	3	10
12	4	9,95	42	4	9,96
12	5	10,03	42	5	10,07
13	1	9,91	43	1	9,92
13	2	10,05	43	2	10,08
13	3	9,92	43	3	10,02
13	4	10,08	43	4	10
13	5	9,92	43	5	10,07
14	1	9,77	44	1	9,85
14	2	10,09	44	2	10,12
14	3	10,04	44	3	9,96
14	4	9,97	44	4	9,9
14	5	9,98	44	5	9,95
15	1	10,04	45	1	10,08
15	2	10,23	45	2	10,17
15	3	9,71	45	3	9,96
15	4	10,1	45	4	10,04
15	5	9,84	45	5	9,91
16	1	10,03	46	1	10,02
16	2	9,99	46	2	10,1
16	3	9,98	46	3	10,01
16	4	9,81	46	4	10,06

Продовження таблиці 2.5

16	5	9,94	46	5	10,04
17	1	9,86	47	1	10,01
17	2	9,99	47	2	9,99
17	3	10,19	47	3	10,08
17	4	9,85	47	4	10,1
17	5	10,04	47	5	9,99
18	1	10,08	48	1	9,92
18	2	10,12	48	2	9,92
18	3	10,09	48	3	10,03
18	4	9,99	48	4	10,09
18	5	10,16	48	5	9,95
19	1	9,93	49	1	10,06
19	2	9,95	49	2	9,97
19	3	10,04	49	3	9,99
19	4	10,07	49	4	9,79
19	5	9,93	49	5	9,91
20	1	10	50	1	9,92
20	2	9,92	50	2	10,22
20	3	9,92	50	3	9,81
20	4	10	50	4	10,03
20	5	9,95	50	5	10,11
21	1	9,96	51	1	10,01
21	2	9,94	51	2	9,98
21	3	10,04	51	3	10,02
21	4	9,96	51	4	9,86
21	5	9,79	51	5	10
22	1	10,02	52	1	9,98
22	2	10	52	2	10,13
22	3	10	52	3	10
22	4	9,96	52	4	9,95
22	5	10,07	52	5	10,03
23	1	9,92	53	1	9,91

Продовження таблиці 2.5

23	2	10,08	53	2	10,05
23	3	10,02	53	3	9,92
23	4	10	53	4	10,08
23	5	10,07	53	5	9,92
24	1	9,85	54	1	9,77
24	2	10,02	54	2	10,09
24	3	9,96	54	3	10,04
24	4	9,9	54	4	9,97
24	5	9,95	54	5	9,98
25	1	10,08	55	1	10,04
25	2	10,07	55	2	10,33
25	3	9,96	55	3	9,91
25	4	10,04	55	4	10,15
25	5	9,91	55	5	9,84
26	1	10,02	56	1	10,03
26	2	10,1	56	2	9,99
26	3	10,01	56	3	9,98
26	4	10,06	56	4	9,81
26	5	10,04	56	5	9,94
27	1	10,01	57	1	9,86
27	2	9,99	57	2	9,99
27	3	10,08	57	3	10,19
27	4	10,1	57	4	9,85
27	5	9,99	57	5	10,04
28	1	9,92	58	1	10,08
28	2	9,92	58	2	10,12
28	3	10,03	58	3	10,09
28	4	10,09	58	4	9,99
28	5	9,95	58	5	10,16
29	1	10,06	59	1	9,93
29	2	9,97	59	2	9,95
29	3	9,99	59	3	10,04

Кінець таблиці 2.5

29	4	9,79	59	4	10,07
29	5	9,91	59	5	9,93
30	1	9,92	60	1	10
30	2	10,04	60	2	9,92
30	3	9,81	60	3	9,92
30	4	10,03	60	4	10
30	5	10,11	60	5	9,95

Для того щоб побудувати контрольну карту середніх значень, у діалоговому вікні програми у вкладці Statistics виберемо кнопку 6 Sigma у вікні виберемо кнопку Control далі в меню кнопки вибираємо лівої кнопки миші вибираємо модуль модуль X-bar&R chart for variables. З'являється діалогове вікно Завдання змінних для X-смуги та R-діаграми Defining Variables for X-bar and R Charts, в якому є дві вкладки: Quick та Мітки, причини, дії Labels, Causes, and Actions. У вкладці Quick вибираємо стовпець аналізованих змінних Показник якості та ідентифікатори вибірки Номер вибірки, для цього натискаємо кнопку Variables. При цьому з'являється діалогове вікно Select vars with measurements, в якому в рядку Measurements натисканням лівої кнопки миші вибираємо 3-Показник якості. У рядку Sample idents клацанням лівої кнопки миші вибираємо 1-номер вибірки, Part idents - ідентифікатори не чіпаємо т.к. показники виробу, отримані на одному виробничому ділянці, і при виробництві продукції використовувався один матеріал, тому ідентифікатори ділянки в даному випадку не встановлюємо.

За допомогою перемикача задаємо мінімальну кількість вимірювань на вибірку Minimum number of observations per sample, у нашому випадку не менше 2. Після виконання зазначених операцій натиснемо кнопку ОК.

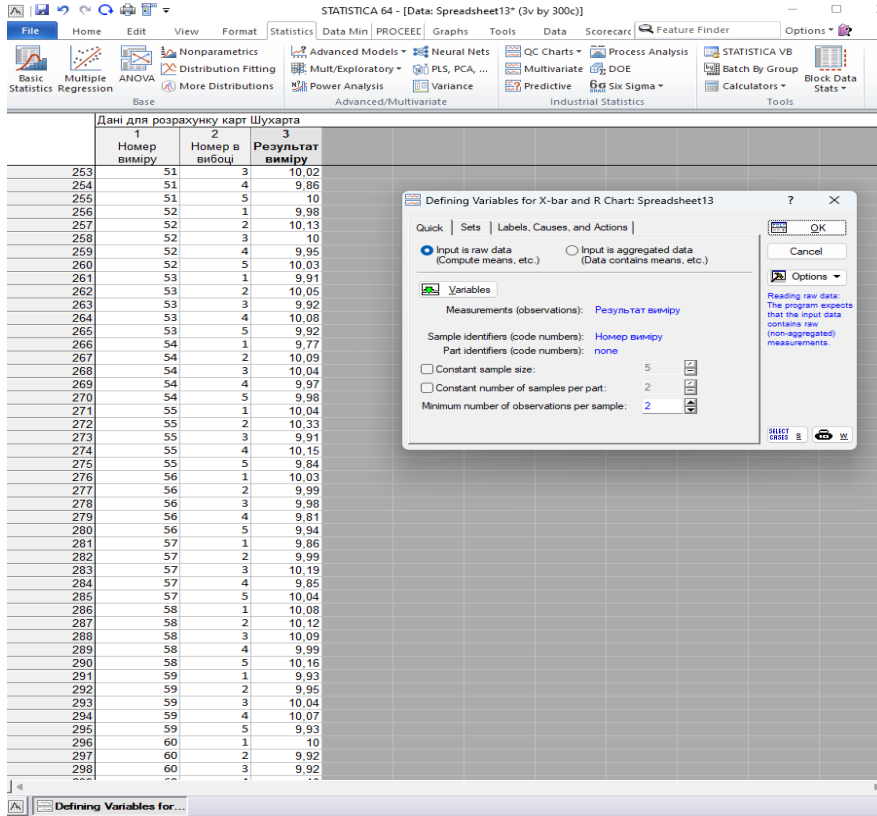


Рисунок 2.4 - Інтерфейс програми Statistika version 12

2.3.2 Побудова X - і R-карти

В результаті програма групує показники з однаковим номером у вибірці, здійснює з ними необхідні дії і викреслює X - і R-карти, а також гістограми спостережень і розмахів. На рисунку 2.5 наведені X - і R-карти для даних вимірювання геометричних показників виробів. На рисунку 2.6 наведені X - і R-карти для даних з журналу корекції похибок.

На рисунках 2.7 та 2.8 наведені результати аналізу \bar{X} - і R -карт за критерієм розладки процесу для цих карт.

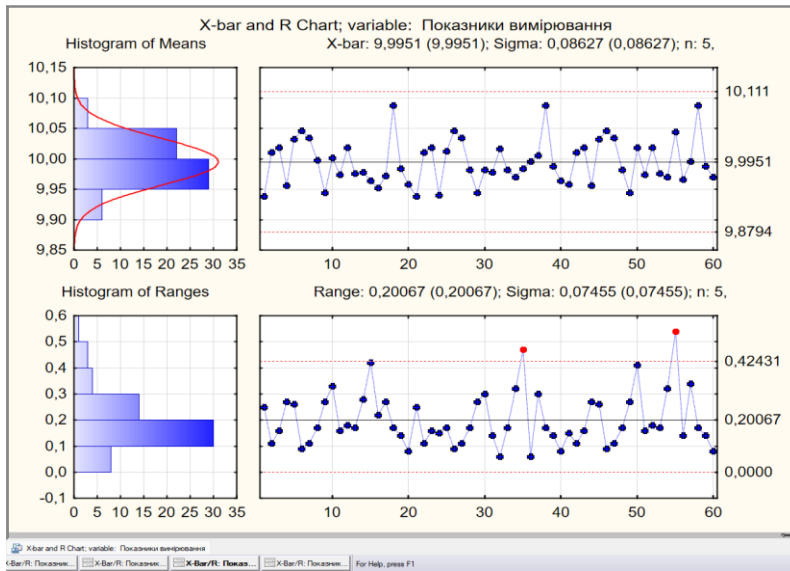


Рисунок 2.5 - \bar{X} - и R -карти для даних вимірювання показників виробу

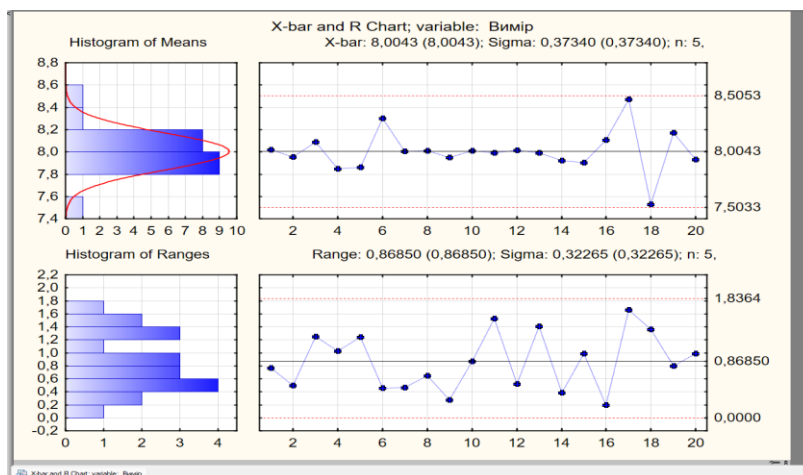


Рисунок 2.6 - \bar{X} - и R -карти для даних з журналу корекції похибок

		Вимір : Runs Tests (Spreadsheet12)				Var3 : Runs Tests (Spreadsheet15)	
		X-bar Chart				R Chart	
		Center line: 8.004300 Sigma: 0.166989				Center line: 0.200667 Sigma: 0.074548	
Zones A/B/C: 3.000/2.000/1.000 * Sigma		from	to	from	to	from	to
Tests for special causes (runs rules)		sample	sample	sample	sample	sample	sample
9 samples on same side of center		OK	OK	9 samples on same side of center		OK	OK
6 samples in row in/decreasing		OK	OK	6 samples in row in/decreasing		OK	OK
14 samples alternating up & down		OK	OK	14 samples alternating up & down		OK	OK
2 of 3 samples in Zone A or beyond		OK	OK	2 of 3 samples in Zone A or beyond		OK	OK
4 of 5 samples in Zone B or beyond		OK	OK	4 of 5 samples in Zone B or beyond		OK	OK
15 samples in Zone C		OK	OK	15 samples in Zone C		OK	OK
8 samples beyond Zone C		OK	OK	8 samples beyond Zone C		OK	OK

Рисунок 2.7 - Результати аналізу X - і R-карт за критерієм розладки процесу для даних вимірювання геометричних показників виробу

		Показники вимірювання : Runs Tests (Spreadsheet5)				Показники вимірювання : Runs Tests (Spreadsheet6)	
		X-bar Chart				R Chart	
		Center line: 8.004300 Sigma: 0.166989				Center line: 0.868500 Sigma: 0.322648	
Zones A/B/C: 3.000/2.000/1.000 * Sigma		from	to	from	to	from	to
Tests for special causes (runs rules)		sample	sample	sample	sample	sample	sample
9 samples on same side of center		OK	OK	9 samples on same side of center		OK	OK
6 samples in row in/decreasing		OK	OK	6 samples in row in/decreasing		OK	OK
14 samples alternating up & down		OK	OK	14 samples alternating up & down		OK	OK
2 of 3 samples in Zone A or beyond		OK	OK	2 of 3 samples in Zone A or beyond		OK	OK
4 of 5 samples in Zone B or beyond		OK	OK	4 of 5 samples in Zone B or beyond		OK	OK
15 samples in Zone C		OK	OK	15 samples in Zone C		OK	OK
8 samples beyond Zone C		OK	OK	8 samples beyond Zone C		OK	OK

Рисунок 2.8 - Результати аналізу X - і R-карт за критерієм розладки процесу для даних з журналу корекції похибок для даних з журналу корекції похибок

2.3.3 Аналіз отриманих даних

З таблиць рисунок 2.7 та 2.8 ми бачимо, що з аналізу X - і R-карт не виконуються критерії розладки процесу.

Виходячи з аналізу даних протягом всього періоду процес був стабільним тобто стан обладнання за непрямими показниками був нормальним, що було підтверджено в ході проведення вимірів технологічної точності та проведення технічного обслуговування з контролем основних параметрів агрегатів, не було зафіксовано сигналів помилки які свідчили що система корекції не може компенсувати помилку позиціонування та необхідно проведення ремонтних компенсаційних заходів.

Згідно прийнятої на підприємстві системи ППР кожні 350 часів наробітки обладнання проводиться обслуговування в межах ТО2 з контролем основних параметрів агрегатів верстата - проведено вібраційний контроль, контроль геометричних параметрів, вимірювання технологічної точності, тепловізійний контроль.

За цей час було проведено 2 ТО2, під час проведення яких не було виявлено відхилень в стані обладнання що корелюються з даними отриманих з карт Шухарта і при використанні даних отриманих з карт Шухарта було можливо провести контроль стану обладнання в обсязі огляду без простою обладнання.

2.4 Запропонована модель ТОіР з урахуванням прогнозу поведінку верстатного устаткування з використанням карт Шухарта.

Для досліджуваного обладнання прийнята схема ТОіР виходячи з циклу цикл включає дванадцять (ТО2), п'ять малих (ТО1), два середніх та один капітальний ремонт. Повна тривалість ремонтного циклу для металорізальних верстатів цього типу становить 10000 год. За час спостереження було вироблено 2 ТО2 тривалістю 1 зміна, витрати на проведення склали 12 людино-годин. Так як під час ТО 2 не проводиться налагоджувальні та ремонтні операції, то пропуск ці 2 ТО не призвело б до втрати верстатом працездатності і незначно підвищило ймовірність відмови.

З урахуванням отриманих даних можна припустити, що спираючись на дані статистичного аналізу карт Шухарта можна подовжити терміни між проведенням ТО скоротивши їх кількість і проводити їх, коли процес почне набувати характеристики, що свідчать про можливу втрату стабільності, тобто проводити ТО за фактичним станом. Скорочення кількості ТО2 з 12 до 5 протягом циклу ППР дозволить скоротити тимчасові витрати на проведення ТО на 56

годин і заощадити 84 людино-години ремонтної служби на одиницю даного типу верстатного обладнання.

При застосуванні даних до всього циклу ремонтів та прийнятті порядку проведення ТО2 виходячи зі стану обладнання спираючись на дані вимірювань геометричної точності виробу та даних журналу даних коригування похибки позиціонування станка на початку зміни та можливого зміщення операцій з ТО1, без зміни циклічності операцій передбачених технологічним регламентом виробника для даного виду верстатів, виходячи лише з даних статистичного контролю запропонованих параметрів, дозволить значно подовжити міжремонтні терміни для верстатного обладнання, тобто підвищити коефіцієнт використання обладнання, а також скоротити необхідну чисельність персоналу ремонтної служби при мінімальних вкладеннях у процес контролю, та як в аналізі використовуються дані та програмне забезпечення які вже використовуються в паралельних процесах на підприємстві.

Дані розрахунки дозволяють зробити такі висновки:

1. Контрольовані характеристики підпорядковується нормальному розподілу Гауса и використання цих даних для побудови карт Шухарта є доцільним.

2. Запропоноване джерело даних дозволяє відстежувати стан процесу та корелюється зі станом обладнання.

3. Періодичність проведення заходів ТОiP не відповідає реальному стану обладнання.

4. Визначення термінів проведення операцій з обслуговування виходячи з аналізу статистичних даних з використанням X-i R-карт не призведе до значного зниження надійності роботи обладнання.

5. Використання даних і програмного забезпечення які використовуються в паралельних процесах виробництва не вимагають значних додаткових вкладень при впровадженні та використанні запропонованої системи ТОiP.

6. При накопиченні досвіду використання можливе перенесення принципів роботи системи та на інші операції ремонтного циклу, за винятком регламентних операцій передбачених технологічним регламентом виробника для даного виду станків.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано основні системи організації ремонту/техобслуговування обладнання.

2. Проаналізовано данні проведення ППР верстатного обладнання проведено аналіз міжремонтних термінів/термінів проведення ТО для досліджуваної групи обладнання.

3. Проведено аналіз даних для вибору типу карт Шухарта та вибір методики визначення центральної (CL) та контрольних ліній (UCL та LCL).

4. Визначено джерело даних, періодичності вибірки та її довжину, визначено методику отримання даних для зниження величини «шуму»

5. Проведено аналіз даних про реальні міжремонтні терміни проведення налагодження/ремонту після втрати обладнанням заявленої точності для видів контрольних параметрів та вибору граничних значень цих параметрів.

6. Проаналізовано міжремонтного терміну для верстата DAEWOO PUMA 600M на підставі отриманого масиву даних та порівняти терміни з натурними даними.

7. Запропоновано модель ТОiP з урахуванням прогнозу поведінку верстатного устаткування з використанням карт Шухарта.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рыбаков И.Н. Статистическое управление процессами (SPC). Ссылочное руководство. Корпорация Крайслер. Форд Мотор компании и Дженерал Моторс корпорейшн: Пер. с англ. — Н. Новгород: ООО СМЦ «Приоритет», 2007. -224 с.
2. Руська Р. В., Івашук О. Т. Методи економіко-статистичних досліджень: навч. посіб. Тернопіль: Тайп, 2014.—190 с.
3. ДСТУ ISO 7870-2:2016 «Статистичний контроль. Карти контролю. Частина 2. Карти Шухарта» Харків, УкрНДЦ 2016р— 32 с.
4. Миттаг Х.Й., Ринне Х. Статистические методы обеспечения качества: Пер. с нем. — М.: Машиностроение. 1995. -616 с.
5. Механическое оборудование: техническое обслуживание и ремонт / В.И. Бобровицкий. В.А. Сидоров. - Донецк: Юго-Восток, 2011. - 238 с.
6. Девид Чамберс, Дональд Уиллер «УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ. ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА СТАТИСТИЧЕСКОЕ» Understanding Statistical Process Control- К. Альпина, 2016. – 409 с.
7. Солонін С.І. Метод контрольних карт: навч. посіб. / В.В. Закураєв НДЯУ МІФІ, 2014 — 214 с
8. Клевцова М.О. «МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ НА МАЛОПОТУЖНОМУ КОНДИТЕРСЬКОМУ ПІДПРИЄМСТВІ» ДИСЕРТАЦІЯ. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. — 170 с
9. Курочкин А.С. «Организация производства» Учеб. пособие. — К.: МАУП, 2001. — 216 с.
10. Кузенков А. Н. - «Использование контрольных карт Шухарта для решения задач прогнозирования и анализа работы оборудования.» Журнал «ЕВРАЗИЙСКИЙ СОЮЗ УЧЕНЫХ» с.134 Декабрь 2014г.

11. ДБН В.2.8-4-96 (ГОСТ 24408-80) Будівельна техніка, оснащення, інвентар та інструмент. Система технічного обслуговування та ремонту будівельних машин.

12. Карасва Н.В., Варава І.А. Методологія аналізу динаміки сталого розвитку України на основі контрольних карт Шухарта. Економічний вісник НТУУ «Київський політехнічний інститут». 2021. № 19. С. 9-13 DOI: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.19.2021.241185>

13. ДСТУ 9050:2020 Система технічного обслуговування та ремонтування техніки. Терміни та визначення понять

14. ДСТУ (ГОСТ 28.001-83) Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения

15. Control chart [Електронний ресурс] — Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Control_chartControl chart [Електронний ресурс] — Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Control_chart