

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

Аналіз ризиків, що впливають на якість виготовлення деталі вал
та усунення причин виникнення дефектів

спеціальність 131 Прикладна механіка
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМм-21
Казмірчук Роман Григорович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Самчук Людмила Михайлівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
к.т.н., доцент
Гарант освітньої програми:
Четвержук Тарас Іванович

(підпис)

Луцьк – 2024 року

Луцький національний технічний університет
Факультет Транспорту та механічної інженерії
Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки
Другий (Магістерський) рівень вищої освіти
Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри

“ _____ ” _____ Редько Р.Г.
_____ 2024р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Казмірчуку Роману Григоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз ризиків, що впливають на якість виготовлення деталі Вал та усунення причин виникнення дефектів, керівник роботи Самчук Людмила Михайлівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» грудня 2023р. № 452/01-02.
2. Строк подання студентом роботи 1.12.2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: креслення деталі Вал, нормативно-технічна документація, довідникові дані, аналіз кількості дефектів деталі
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Розділ 1. Еволюція підходів до контролю, проектування та управління якістю. Розділ 2. Інструменти та методи управління якістю. методологія контролю та підвищення якості при виготовленні деталі вал. Розділ 3. Технологічна частина. побудова технологічного процесу. Розділ 4. Математично-статистичні методи контролю якості. аналіз, ранжування та зниження кількості дефектів. Висновки. Список посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Креслення деталі – 1 лист (ф. А1), Складальне креслення верстатного пристрою для операції (ф.А1), Діаграма Парето, що відображає найпоширеніші види дефектів – 1 лист (ф.А1 Діаграма Ісікави для визначення причин виникнення проблем «порушення послідовності обробки поверхонь» – 1 лист (ф.А1), Діаграма Ісікави для визначення причин виникнення проблем «профіль шліців не відповідає КД»– 1 лист (ф.А1).

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання *01.03.2024р.*

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Примітка
1.	<i>Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва. розробка технологічного процесу виготовлення деталі</i>	<i>14.04.2024р.</i>	
2.	<i>Інструменти та методи управління якістю. методологія контролю та підвищення якості при виготовленні деталі вал</i>	<i>18.06.2024р.</i>	
3.	<i>Технологічна частина. побудова Технологічного процесу</i>	<i>18.09.2024р.</i>	
4.	<i>Математично-статистичні методи контролю якості. аналіз, ранжування та зниження кількості дефектів</i>	<i>12.10.2024р.</i>	
5.	<i>Електронний варіант роботи</i>	<i>1.12.2024р.</i>	

Студент

_____ (підпис)

(Казмірчук Р.Г.)

Керівник роботи

_____ (підпис)

(Самчук Л.М.)

АНОТАЦІЯ

Казмірчук Р.Г. Аналіз ризиків, що впливають на якість виготовлення деталі вал та усунення причин виникнення дефектів. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття кваліфікації другого (магістерського) рівня вищої освіти із спеціальності 131 Прикладна механіка – Луцький національний технічний університет. – Луцьк, 2024.

В рамках кваліфікаційної магістерської роботи було проведено аналіз кращих світових практик управління якістю. Визначено найефективніші методи контролю та підвищення якості. Проведено побудову технологічного процесу виготовлення деталі «Вал», проведено аналіз службового призначення деталі та визначено основні вимоги щодо якості поверхонь. Методом Парето було визначено основні дефекти які складають найбільшу частку браку з точки зору кількості і якості.

Ключові слова: якість, технологія, дефект, управління якістю.

ANNOTATION

Kazmirchuk R.G..Analysis of risk saffecting the manufacturin gquality of shaft partsand elimination of the causes of defects. – Manuscript.

Master's qualification work for obtaining the qualification of the second (master's) level of higher education in specialty 131 Applied Mechanics - Lutsk National Technical University. - Lutsk, 2024.

As part of the qualification master's thesis, an analysis of the world's best quality management practices was carried out. The most effective methods of quality control and improvement were identified. The use of a risk-based approach allowed us to identify the main risks that arise in the process of manufacturing a part. The Pareto method was used to identify the main defects that make up the largest share of rejects in terms of quantity and quality.

Keywords: quality, technology, defect, quality management.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЕВОЛЮЦІЯ ПІДХОДІВ ДО КОНТРОЛЮ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ.....	10
1.1 Світові підходи до методів управління якістю.....	10
1.2 Орієнтація на споживача.....	13
1.3 Система «Нуль дефектів».....	15
1.4 Японська система управління якістю. Гуртки якості.....	16
1.5 Витрати на якість. Дрібний дефект – великі втрати.....	18
2 ІНСТРУМЕНТИ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ. МЕТОДОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛІ ВАЛ.....	21
2.1 Методи управління якістю.....	21
2.2 Ризик орієнтований підхід до процесу.....	23
2.3 Методи пошуку першопричини. Діаграма Ісікави.....	27
2.4 Статистичний аналіз. Діаграма Парето.....	29
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	32
3.1 Аналіз конструкції деталі.....	32
3.2 Службове призначення деталі.....	33
3.3 Вимоги щодо якості поверхонь деталі.....	34
3.4 Аналіз маршрутного технологічного процесу обробки деталі.....	36
3.5 Аналіз видів технологічних переходів та етапів обробки.....	39
4 МАТЕМАТИЧНО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ. АНАЛІЗ, РАНЖУВАННЯ ТА ЗНИЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ ДЕФЕКТІВ....	42
4.1 Оцінка ризиків при виготовленні деталі.....	42

4.2 Побудова діаграми Парето для визначення основних причин дефектів.....	48
4.3 Пошук першопричини та розробка коригувальних заходів. Побудова діаграми Ісікави для дефекту №7.....	54
4.4 Пошук першопричини та розробка коригувальних заходів. Побудова діаграми Ісікави для дефекту №4.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60

ВСТУП

Підвищення якості продукції є життєво необхідним у світі, де конкуренція збільшується а вимоги споживачів стають дедалі жорсткішими. Якість продукції та процесів безпосередньо впливає на конкурентоспроможність компаній, їх ринкове становище та здатність задовольнити потреби клієнтів.

Розвиток методів управління якістю та досвід їх застосування дозволив зробити значний прорив у конкурентоспроможності продукції. Не викликає сумнівів, що сьогодні будь-який працівник організації повинен бути знайомий з методами управління якістю, інакше управління самою організацією не буде ефективним. Накопичення досвіду столітнього застосування методів управління якістю дозволяє розвивати самі методи, адаптувати їх до сучасного виробництва і навіть інтегрувати в обладнання.

«Метою адаптації методів управління якістю є підвищення їх ефективності в залежності від специфіки організації. Будь-який метод управління якістю без його відповідної адаптації до конкретної виробничої ситуації може виявитися не ефективним. Це пов'язано з тим, що в посібниках і статтях автори демонструють відому практику застосування методів, однак

розробити модель або спосіб застосування який буде придатний для всіх, неможливо. Тому перш ніж застосовувати метод, необхідно адаптувати його до конкретних умов виробництва»[1].

Метою систем управління якістю є забезпечення спільної роботи всіх зацікавлених сторін організації над вдосконаленням процесів, продуктів, послуг і культури компанії для досягнення довгострокового успіху, що впливає із задоволеності клієнтів.

Актуальність теми. Підвищення якості виготовлення продукції є неодмінною складовою будь якого виробничого підприємства. Підвищення якості не тільки сприяє зменшенню витрат на виробництва, а і підвищує рівень виробника в очах споживача чи клієнта. Впровадження систем управління якістю дає можливість організації успішно досягати цілей і завдань, визначених її власною політикою і стратегією роботи і, таким чином, забезпечувати узгодженість зі стратегією роботи.

«Однією з ключових переваг систем управління якість є те, що вони допомагають створити культуру якості в усій організації. Ця культура якості пронизує всі рівні корпорації, від вищого керівництва до рядових співробітників. Це допомагає створити клієнтоорієнтовану організацію, яка зосереджена на задоволенні потреб та очікувань своїх клієнтів, допомагає побудувати довіру та лояльність, що в свою чергу призводить до збільшення продажів та прибутків»[1].

Впроваджуючи систему управління якістю, компанія може виявити та усунути недоліки у своїх процесах, зменшити кількість відходів та оптимізувати свою діяльність. Ці системи також забезпечують структурований підхід до управління ризиками, що може допомогти організації визначити потенційні операційні ризики та мінімізувати їхній вплив.

Метою роботи є зменшення кількості дефектів при виготовленні деталі «Вал»

Об'єкт дослідження – технологія обробки деталі «Вал».

Предмет дослідження – процеси технологічної обробки деталі «Вал».

Методи дослідження. В процесі виконання роботи було проведено аналіз світових підходів до управління якістю. Визначено, що підходи до управління якістю не тільки різноманітні, а й у певною мірою суперечать один одному, тому було обрано найбільш ефективні для механообробних виробництв. За допомогою методу структурування функції якості було обрано основні підходи до управління якістю. Один з цих підходів - ризик орієнтований підхід до процесу, а саме FMEA-аналіз (Failure Mode & Effect Analysis). FMEA-аналіз проводиться для продуктів і процесів, що розробляються, з метою зниження ризику виникнення потенційних дефектів. Інший підхід - метод пошуку першопричини за допомогою побудови діаграми Ісікави. Причинно – наслідкова діаграма Ісікави – інструмент, який дозволяє виявити найістотніші фактори (причини), що впливають на кінцевий результат. Для аналітичного визначення найбільш критичних дефектів застосовано статистичний аналіз за допомогою побудови Діаграми Парето. Цей інструмент дозволяє об'єктивно уявити та виявити основні фактори, що впливають на досліджувану проблему та розподілити зусилля для її вирішення. Аналіз Парето застосовується як для виявлення проблем чи гострих питань, так і для аналізу причин, чому викликають ці проблеми.

Було проаналізовано конструкцію деталі на предмет технологічності, застосований в технологічному процесі різальний та вимірювальний інструмент та використовувані оснастки. Визначено та розділено службові поверхні деталі, для цих поверхонь було визначено вимоги щодо їх якості. Аналіз маршрутного технологічного процесу проводили із окресленням структур операції. У технологічній операції виробничого процесу особливу увагу приділяли парному виділенню елементів технологічного процесу: установам, позиціям та переходам.

За допомогою FMEA аналізу було проведено Оцінку ризиків які можуть бути при виготовленні деталі. Даний метод дозволив виокремити найбільш значущі ризики з точки зору частоти їх повторення, важкості

наслідків та важкості виявлення. Використовуючи діаграму Парето визначено основні чинники через які виникає основна кількість дефектів та їх вагу. Також визначено найпоширеніші види дефектів, втрати від різних видів дефектів, розподіл різних типів дефектів по кількості та часу.

Використовуючи метод пошуку першопричин, такий як діаграма Ісікави було визначено основні чинники через які виникають дефект. Для усі чинників розроблено коригувальні заходи які спрямовані на причини.

Новизна одержаних результатів. Проаналізовано світові практики та підходи до управління якістю, виокремлено ті, які найбільше підходять для механообробних цехів та підприємств. Проаналізовано наявний технологічний процес, визначено основні поверхні деталі «Вал» та визначено вимоги щодо якості до цих поверхонь. За допомогою методу оцінки ризиків FMEA визначено основні ризики при виготовленні деталі. Побудовано діаграм Парето для дефектів, що дозволило виокремити найбільш важкі за наслідками та кількістю. Визначено причини виникнення цих дефектів та запропоновано коригувальні дії для усунення цих причин.

Практичне значення одержаних результатів.

Підвищено якість виготовлення деталі, зменшено кількість дефектів. Частка не виправних дефектів зменшена за рахунок впровадження заходів для раннього виявлення браку.

Апробація результатів роботи. Р. Казмірчук Фактори, які впливають на якість продукції / Р. Казмірчук, Л. Самчук / Тези IV студентської науково-технічної конференції факультету транспорту та механічної інженерії “Інноваційні технології в транспорті та механічній інженерії”. Луцьк: ЛНТУ – 2024р. С.38-40.

Особистий внесок магістранта. При виконання кваліфікаційної роботи магістра магістрантом було проведено аналіз основних систем управління якістю. Здійснено вибір найбільш придатних систем для використання у механообробних підприємствах. Проаналізовано технологічний процес на предмет дотримання вимог щодо якості

виготовленої деталі та виконанню технічних вимог. Проведено оцінку ризиків при виготовленні деталі, визначено основні дефекти та розроблено коригувальні заходи що які усувають причину виникнення цих дефектів.

РОЗДІЛ 1

ЕВОЛЮЦІЯ ПІДХОДІВ ДО КОНТРОЛЮ, ПРОЕКТУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

1.1 Світові підходи до методів управління якістю

Для виживання та розвитку підприємств якість є завданням номер один в умовах ринкової економіки. Саме за допомогою сучасних методів менеджменту якості передові бренди змогли отримати лідируючі позиції на різних ринках світу.

«Термін «якість» протягом багатьох років використовувався для характеристики властивостей продукту та вимог до нього. Ці вимоги включають комплексні вимоги клієнтів, а не просто специфікацію товару або послуги. Для управління якістю керівники та співробітники повинні усвідомити наявність як зовнішніх, так і внутрішніх клієнтів; повністю зрозуміти та прийняти потреби й очікування своїх клієнтів; надавати те, про що домовились, без жодних винятків; бути ефективними та раціональними під час задоволення погоджених вимог клієнта; постійно покращувати якість роботи щоб відповідати очікуванням клієнтів»[1].

Говорячи про проблему якості, слід зазначити, що за цим поняттям завжди стоїть споживач. У ринковій економіці виробник і споживач знаходять один одного на ринку, їх мотивації базуються на фінансовому вигаді та досягненні максимального споживчого ефекту. При цьому споживач має вибір між найкращими товарами різних виробників. Споживач, будучи головною фігурою, визначає напрями розвитку виробництва, набуваючи товарів і послуг за власним бажанням.

«Тим самим споживач є основним тригером яких змушує підвищувати якість. Головною метою управління якістю є повне задоволення узгоджених вимог клієнта з найменшими загальними витратами для організації. Але найкращими компаніями стають ті, які прагнуть більшого – передбачити потреби своїх клієнтів» [1].

У 70-х рр. XIX століття у збройовому виробництві (заводи Семюеля Кольта) народилася ідея стандартної якості - вироби збирали не з підігнаних одна до одної деталей, а з випадково обраних із партії, тобто взаємозамінних деталей. Перед складанням ці деталі перевіряли за допомогою калібрів, і непридатні відбраковували. Контроль і відбраковування здійснювали спеціально навчені контролери [1].

Видатний внесок у розвиток цієї фази зробили американські автомобілебудівники - Генрі Мартін Леланд (засновник фірми «Кадилак») і Генрі Форд. Леланд уперше застосував в автомобільному виробництві роботу за калібрами і придумав пару «прохідний» і «непрохідний» калібр. У березні 1908 р. експерти Британського автотоклубу відібрали випадковим чином 3 примірники з експортної партії автомобілів «Кадилак», що прибула до Англії, і розібрали їх до останнього гвинтика. Усі деталі звалили в купу, а потім деякі деталі з цієї купи вилучили і замінили запчастинами, запозиченими знову ж таки навмання в місцевому агентстві з продажу та обслуговування автомобілів «Кадилак».

«Потім група механіків, озброєна тільки викрутками і гайковими ключами, збрала машини заново і запустила мотори. Дві машини завелися з першої спроби, а одна - з другої, і всі вони вирушили на тривалу обкатку на щойно зданому в експлуатацію автодромі Бруклендс. І коли зібрані машини підтвердили повну ідентичність своїх ходових характеристик параметрам автомобілів заводського складання, Британський автотоклуб видав фірмі «Кадилак» диплом і срібний кубок з написом «За стандартизацію». Після цього на табличці з гербом фірми на автомобілях «Кадилак» з'явився напис «Standart of the world» - зразок для наслідування для всього світу» [2].

Форд застосував складальний конвеєр і запровадив замість вхідного контролю комплектуючих на складанні вихідний контроль на тих виробництвах, де ці комплектуючі виготовляли, тобто на збирання стали надходити тільки придатні, якісні вироби. Він також створив окрему службу технічного контролю, незалежну від виробництва [3].

«Можна сказати, що завдяки діяльності Г. Форда і його соратника Ф. У. Тейлора було створено нову концепцію організації виробництва (виробнича система Форда - Тейлора), яка в основних рисах проіснувала дотепер і є моделлю організації виробництва більшості сучасних підприємств. Тільки в 70-ті роки їй на зміну стала приходити інша концепція (виробнича система Тойота)» [3].

Фаза управління якістю бере свій початок з 20х рр. ХХ століття як спроба якщо не розв'язати, то послабити протиріччя «фази відбраковування». Точкою відліку вважаються роботи, виконані у Відділі технічного контролю фірми Вестерн Електрик, США. У травні 1924 р. співробітник відділу доктор Шухарт передав своєму начальнику коротку записку, яка містила метод побудови діаграм, відомих нині по всьому світу як контрольні карти Шухарта. Статистичні методи, запропоновані Шухартом, дали в руки управлінців інструмент, який дав змогу зосередити зусилля не на тому, як виявити та вилучити непридатні вироби до їх відвантаження покупцеві, а на тому, як збільшити вихід придатних виробів [3].

«Початок фази менеджменту якості прийнято відрховувати з 1950 р. Поворотною подією став виступ із лекціями перед провідними промисловцями Японії доктора Едвардса Демінга. За 12 лекцій доктор Демінг зустрівся із сотнями провідних менеджерів японських фірм. Ним, а також Джозефом М. Джураном, іншим американцем, також запрошеним як урядова технічна допомога до Японії, було розроблено програму, основною ідеєю якої було: «Основа якості продукції - якість праці та якісний менеджмент на всіх рівнях, тобто така організація праці колективів людей, коли кожен працівник отримує задоволення від своєї роботи» [4].

Програма базувалася вже не на вдосконаленні тільки виробничих процесів, а на вдосконаленні системи загалом, на безпосередній участі вищого керівництва компаній у проблемах якості, навчанні всіх працівників компаній від верху до низу основним методам забезпечення якості, акцентуванні уваги на мотивації працівників на високоякісну працю. Місце концепції недопущення браку до споживача і концепції збільшення виходу придатних виробів зайняла концепція «0 дефектів» [4].

Саме завдяки послідовному здійсненню ідей Демінга та його послідовників Японія, країна, більш ніж бідна на природні ресурси і розорена війною, стала однією з найбагатших країн світу. Характерно, що до США вони прийшли з досить відчутним запізненням. Головним стимулом різкого зростання уваги до теми управління якістю стало технологічне відставання США від Японії в другій половині ХХ століття. Після другої світової війни приблизно протягом двадцяти п'яти років Сполучені Штати безумовно утримували провідні позиції у виробництві промислової продукції - від споживчих товарів до складної військової апаратури. Економічний потенціал ні Європи, ні Японії не міг скласти конкуренцію американським виробничим і організаційним технологіям.

«Проте з початку сімдесятих років ситуація почала поступово змінюватися. Знаковою подією з цього погляду можна вважати 1970 р., коли Тойота вперше стала провідним продавцем автомобілів у США. Після цього японські магнітофони, телефони, інше електронне обладнання почало завойовувати лідируючі позиції і в Америці, і в Європі, поступово відтісняючи традиційних лідерів і за новизною, і за якістю, і за надійністю своєї продукції» [6].

1.2. Орієнтація на споживача

«Концепція Вільяма Едварда Демінга по суті ґрунтується на трьох принципах: пріоритет споживача в роботі над якістю; управління якістю на рівні фірми, а не на рівні окремих процесів; пріоритетна роль вищого

керівництва в забезпеченні якості та управлінні нею. Важко повірити, але ще 30-40 років тому ці принципи були для американських і європейських компаній ідеями революційними і навіть дивними. В економічних системах Заходу, де бал правили акціонери, споживач змушений був задовольнятися формулою «максимальне задоволення потреб клієнта за найменших витрат» [7].

Головний принцип забезпечення якості: якість починається з задоволеності споживача - це формулювання Демінга лягло в основу подальшого розвитку бізнесу: спершу в Японії, а потім уже й в Америці та Європі, чії компанії сприйняли таку концепцію під натиском виклику конкуренції з боку японських лідерів. Споживач, стверджував Демінг, - найважливіша частина виробничого ланцюга [7].

«Нам абсолютно недостатньо мати споживача, який просто задоволений. Незадоволений споживач, звичайно, піде від нас. Але, на жаль, задоволений споживач також може піти, вважаючи, що він не багато втратить, а зате може придбати щось краще. Прибуток у бізнесі приходить від постійних покупців, споживачів, які хваляться вашим продуктом або послугою і які приводять до вас своїх друзів» [7].

На його думку, «споживач має отримати те, що він хоче, коли він цього хоче і в тій формі, в якій він цього хоче. Компанія повинна прагнути не тільки задовольнити очікування споживача. Це найменше, що їй необхідно зробити. Компанія повинна прагнути до того, щоб змусити споживача захоплюватися, надаючи йому навіть більше того, що він міг очікувати. Ось тоді ваші боси можуть бути в екстазі, рада директорів - на вершині блаженства, а ваша компанія - стати легендою на Волл-стріт. Але якщо ваш споживач не в захваті - значить, ви ще не почали досягати якості» [7].

Недоліки в системах менеджменту - зокрема, в американських компаніях, - які зрештою ведуть до втрати компаніями конкурентоспроможності та негативно позначаються на якості продукції та

процесів, Демінг називав «смертельними хворобами». Серед таких хвороб він виокремлював чотири основні [7]:

- Відсутність сталості та наміру зберегти свою справу під час планування поліпшення продукції та послуг у майбутньому;
- Мислення, обмежене бажанням миттєвої вигоди несумісне з цілеспрямованим веденням справ, що виходить з інтересів перспектив розвитку;
- Руїнний ефект системи ранжування та атестації персоналу - веде до управління, заснованого на страху;
- Плинність кадрів керівників (перекидання їх з місця на місце) спричиняє нестабільність, призводить до того, що рішення ухвалюють люди, які не знають цієї справи;
- Використання тільки кількісних критеріїв. Хоча є цифри, які можна обчислити доволі точно, але той, хто управляє своєю компанією, ґрунтуючись лише на точних числах, незабаром залишиться і без чисел, і без компанії. Найважливіші для управління величини невідомі й не визначаються кількісно.

Однак, найбільше Демінг прославився своїми 14 принципами організації бізнесу.

1.3. Система «Нуль дефектів»

У 1964 році Філіп Кросбі запропонував систему ZD - «нуль дефектів», який формулюється досить жорстко: «стандарт роботи - нуль дефектів, а не допустимий рівень якості». Безумовно, Кросбі розумів, що «нуль дефектів» практично недосяжний, але психологія працівників має бути такою, щоб завжди прагнути до цього [8].

«Найкраще наглядність цього підходу ілюструє випадок із практики одного британського машинобудівного підприємства. Там система матеріального стимулювання була побудована на основі показника - відсоток здачі продукції з першого разу. В одному з цехів було встановлено, що при

значенні цього показника 98% працівник отримує премію 100%. Така схема діяла десятком років. При найближчому розгляді виявилось, що партія продукції вважається прийнятною з першого разу, якщо рівень дефектності в ній не перевищує 10%, тобто рівень придатних міг бути 90%. Таким чином, протягом десятка років працівник, який виробляв продукцію з рівнем дефектності 12%, ходив у відмінниках, отримував 100% премії і твердо вірив, що кращого від нього і не вимагається. І справді, ця система не виробляла зворотного зв'язку і, відповідно, не спонукала до поліпшення за рівня дефектності 12%, оскільки він вважався допустимим» [8].

Філіп Кросбі також сформулював 14 принципів у сфері якості, а також висловив знаменитий афоризм: «Якість - безкоштовно» (Quality is Free). Із цього випливає, що виробнику доводиться платити не за якість, а за її відсутність, що повинно бути предметом постійного контролю та аналізу. У своїй книжці «Якість - безкоштовно» Ф. Кросбі доводить, що поліпшення якості не потребує великих витрат, оскільки на ділі підвищення якості підвищує і продуктивність, оскільки одночасно знижується багато статей витрат, пов'язаних з усуненням виявлених дефектів, з переробкою неякісної продукції, запобіганням поверненню продукції споживачем, тощо [8].

Кросбі запропонував універсальний спосіб оцінки ступеня компетентності підприємства у вирішенні проблеми якості. Для цієї мети він використовував шість параметрів [8]:

- Ставлення керівництва підприємства до проблеми;
- Статус відділу якості на підприємстві;
- Способи розгляду проблеми якості;
- Рівень витрат на якість у відсотках від загального обороту підприємства;
- Заходи щодо підвищення якості;
- Реальний стан із якістю продукції, що виготовляється на підприємстві.

1.4 Японська система управління якістю. Гуртки якості

«Важливу роль у формуванні системи комплексного управління якістю в Японії відіграли гуртки якості. Їхнє впровадження було ініційоване Каору Ісікавою - одним із видатних фахівців у галузі якості. Сучасна організація управління якістю вимагала нової, порівняно з класичною, схеми дій. Надходження інформації від низу до верху або згори донизу в цьому випадку виявилось недостатнім. Для досягнення високої якості потрібен був обмін інформацією на багатоцільових зустрічах на різних рівнях. Такі зустрічі як, наприклад, засідання гуртків якості забезпечують горизонтальні зв'язки, а взаємовідносини за підпорядкованістю - вертикальні зв'язки. І ті й інші необхідні і дають змогу залучити до управління якістю весь персонал, починаючи з керівників вищої ланки, керівників, інженерів, майстрів і закінчуючи всіма без винятку робітниками» [9].

Виникнувши в Японії в 1962 р., гуртки якості виявилися надзвичайно живучими і набули повсюдного поширення. У 1970 р. у цій країні було зареєстровано 30 тис. гуртків якості, до 1984 р. їх кількість перевищила 1 млн, а до кінця 80-х рр. їх налічувалося близько 2 млн. Наприклад, у компанії «Хонда» їхня активність охоплювала в середині 80-х рр. майже всі дільниці на більшості підприємств компанії [9].

Посібник зі створення та організації діяльності гуртків якості було опубліковано в Японії ще в 1970 р. Гуртки якості - це невеликі групи (до 10 чол.), що об'єднують робітників однієї виробничої дільниці або відділу. Вони збираються, як правило, раз на тиждень і протягом години обговорюють такі виробничі проблеми, як якість роботи, продуктивність праці, забезпечення безпеки тощо. За деякими оцінками, робота гуртків дає змогу японським компаніям щорічно економити 20-25 млрд. дол. Основна маса гуртків якості (від 80 до 90%) діє у сфері виробництва. Особливо широко вони використовуються в електронній промисловості та низці інших галузей [9].

«У японських компаніях гуртки якості стали тим засобом, за допомогою якого на кожному рівні виробництва від низу до верху колективно опрацьовують і вносять пропозиції щодо підвищення якості продукції, процесів і ресурсів. У середньому у 80-ті рр. кожен японський робітник (і службовець) щорічно вносив 5-6 пропозицій з удосконалення виробничого процесу, з яких 60-80% реалізовувалися на практиці. Це істотно більше, ніж, наприклад, у США, де кількість рацпропозицій на одного зайнятого в ті самі роки становила 0,15, а рівень їх впровадження - 24%. Цей досвід виявився настільки привабливим, що зараз більш ніж у 50 країнах широко використовується ця форма участі робітників і службовців у поліпшенні якості продукції, що випускається»[9].

За оцінкою експертів, на 80% успіхи японських фірм пов'язані з трьома основними чинниками, що включають:

- Надзвичайно високу активність робітників;
- Дух співпраці;
- Постійний пошук шляхів підвищення якості.

На японських підприємствах, які впровадили систему комплексного управління якістю, роль персоналу в поліпшенні якості продукції дуже значна. І пов'язано це з тим, що до процесу контролю якості залучаються всі співробітники - від президента компанії до робітника. Тоді як на Заході контроль якості є здебільшого прерогативою окремих, незалежних інспекторів (контролерів, інспекторів тощо), в Японії інспектори існують тільки на додаток до формальної системи контролю, в якій відповідальність за підтримання або підвищення якості продукції покладено на робітників, бригадирів і майстрів. У результаті на японських підприємствах якість праці персоналу має більший вплив на якість продукції, ніж, наприклад, на американських [9].

«Надаючи величезного значення підготовці персоналу, японські підприємства реалізують великі комплексні програми навчання, які складають відповідно до основних напрямів діяльності компанії. Так, у

результаті навчання членів гуртків якості середньорічний економічний ефект від діяльності кожного з них наприкінці 70-х - на початку 80-х рр. становив 147 тис. єн, що в 15 разів вище за витрати на навчання »[9].

У 80-ті роки поряд із навчанням членів гуртків якості та членів інших, так званих малих груп участі (різноманітні інформаційні групи, ради з удосконалення техніки безпеки, групи бездефектного виробництва, гуртки зі справного утримання устаткування та ін.) дедалі важливішого значення почали надавати розвиткові в працівників прагнення до максимально ефективної праці, причому головним чином не через острах санкцій або заради матеріального заохочення. За даними відомого фахівця з якості Дж. Джурана, економічний стимул участі японських робітників у діяльності гуртків якості перебуває на останньому місці серед основних мотивів їхнього залучення до цього руху [9].

Так, на оплату раціоналізаторських пропозицій японська фірма витрачає коштів у середньому в 30 разів менше, ніж американська. При цьому значна частина позаурочного часу, витраченого робітниками на зборах гуртків якості, не оплачується. Значення підвищення частки творчої праці в роботі збільшується в умовах автоматизації виробництва, що розширюється. На фірмах утворюються курси перекваліфікації робітників (чия праця замінюється машинною), щоб дати їм змогу оволодіти складнішими видами робіт, пов'язаними з керуванням автоматизованим обладнанням.

1.5 Витрати на якість. Дрібний дефект – великі втрати

Одним із принципово нових підходів до проблеми якості став метод Геніті Тагуті - японського вченого-статистика й управлінського консультанта. Головне у філософії Тагуті - це підвищення якості з одночасним зниженням витрат. Згідно з ідеями Тагуті, економічний фактор (вартість) і якість аналізуються спільно. Обидва фактори пов'язані спільною характеристикою, званою «функцією втрат».

Методологія Тагуті спирається на визнання фактора нерівноцінності значень показника всередині допуску. Функція втрат якості є параболою з вершиною (втрати дорівнюють нулю) у точці найкращого значення (номіналу), під час віддалення від номіналу втрати зростають і на межі поля досягають свого максимального значення - втрати від заміни виробу. Під час аналізу розглядають втрати як з боку споживача, так і з боку виробника [10].

«Методи Тагуті дають змогу проектувати вироби та процеси, нечутливі до впливу так званих «шумів», тобто змінних чинників, які спричиняють розкид значень параметрів, які важко, неможливо або дорого змінити. З економічної точки зору будь-які, навіть найменші «шуми» зменшують прибуток, оскільки при цьому зростають виробничі витрати і витрати на гарантійне обслуговування» [10].

Говорячи простіше, концепція Тагуті зводиться до такого: якщо якийсь параметр відхиляється від номіналу (нехай навіть він і перебуває в межах допуску), то підприємство вже зазнає втрат. Іншими словами, найефективніша система - це система, за якої всі параметри відповідають номіналу. До створення такої системи завжди треба прагнути. Це один із напрямів реалізації концепції постійного поліпшення. У цьому разі йдеться не про зусилля, спрямовані на бездефектне виготовлення продукції, а про вищий рівень: прагнення до номіналу в рамках поля допуску. І цього поки що дуже багато хто не розуміє, навіть практики на підприємствах, фахівці з якості. Вони вважають, що якщо фактичні параметри перебувають у допустимих межах, то все гаразд. Система, що працює за такою концепцією, не виробляє зворотного зв'язку і не спонукає до дій щодо поліпшення [10].

Наочніше за все систему Тагуті ілюструє приклад знову-таки з британської практики. На підприємстві випускається поліетиленова труба товщиною 14 мм, допустиме відхилення становить +1,5 мм, що відповідає технічним умовам і параметрам, які задовольняють споживача. На складі готової продукції знаходиться партія, яка пройшла приймання у відділі технічного контролю. У результаті вибіркового повторного вимірювання

цього параметра було отримано такі значення: $14+1,45$ (1,47; 1,38; 1,40; 1,42; 1,45 і т.д.). Це дало змогу зробити висновок, що, по-перше, технологічний процес (ТП) виробництва цієї продукції доволі стійкий, оскільки розкид параметрів невеликий. По-друге, для ТП характерний зсув до верхньої межі допуску. Оскільки цей процес стійкий, то відхилення можна зрушити до нижньої межі впливом на будь-який фактор. При цьому підприємство буде стійко працювати і за менших величин допуску [10].

Усе це призвело до ситуації, коли випуск на ринок продукції, що має «дитячі хвороби» або задовольняє запити споживача меншою мірою, ніж виробники конкурентів, небезпечний і неприйнятний для виробника. Новий етап пов'язаний, з одного боку, з розвитком теорії надійності виробів, з іншого боку, з широким впровадженням обчислювальної техніки та САПР у процес розробки виробів.

«Основою концепції нової фази стали:

- Ідея, що більша частина дефектів виробів закладається на стадії розробки через недостатню якість проектних робіт;

- Перенесення «центру тяжіння» робіт зі створення виробу з натурних випробувань дослідних зразків або партій на математичне моделювання властивостей виробів, а також моделювання процесів виробництва виробів, що дає змогу виявити й усунути конструкторські та технологічні дефекти ще до початку стадії виробництва;

- На зміну концепції «0 дефектів» прийшла концепція «задоволеного споживача»;

- Високу якість необхідно надати споживачеві за прийнятну ціну, яка постійно знижується, оскільки конкуренція на ринках дуже висока» [10].

Висновки. Аналізуючи вище перелічені підходи до управління якістю стає зрозуміло, що немає єдиного підходу. Підходи до управління якістю не тільки різноманітні, а й у деяких місцях суперечать один одному. Ототожнення якості тільки з контролем - концепція, яка застаріла щонайменше 80 років тому. Сьогодні якість розуміють як якість компанії, як

категорію, яка охоплює всі процеси. Процес підвищення якості може бути обмежений якимись межами. Витрати на забезпечення і підвищення якості нівелюються прихильністю споживачів, підвищенням ефективності праці та задоволеністю робітників. Неякісна продукція, неправильно збудований процес, простої, безвідповідальність на робочому місці – все це коштує набагато дорожче, ніж будь-які інвестиції в якість.

РОЗДІЛ 2

ІНСТРУМЕНТИ ТА МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ. МЕТОДОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ДЕТАЛІ ВАЛ

2.1 Методи управління якістю

Метод структурування функції якості (СФЯ) (Quality Function Deployment - QFD), який іноді ще називають розгортанням функції якості, вперше був застосований компанією Мітсубісі в 1972 р. Суть методу СФЯ у тому, що вимоги споживача мають аналізуватись і конкретизуватись поетапно, починаючи з передінвестиційних досліджень і до передпродажної підготовкою. Даний метод використовується починаючи з моменту проектування виробів і процесів, що дозволяє перетворювати побажання споживача на технічні вимоги до виробів та параметрів процесів їх виробництв [11].

Процес планування нової продукції в рамках методу СФЯ складається з восьми етапів [11]:

1) Першим етапом СФЯ є з'ясування та уточнення вимог споживачів. Споживач формулює свої побажання, як правило, в абстрактній формі типу «зручні меблі» та «легкий телефон». Для споживача такий спосіб вираження своїх потреб є цілком нормальним. Але для інженерів, проектувальників, конструкторів цього недостатньо: слід чітко визначити розміри, матеріали, вимоги до обробки поверхні, допустиму вагу, тощо. Завдання СФЯ полягає в

тому, щоб зробити думку споживача зрозумілою для інженера. СФЯ є своєрідним перекладачем з мови споживача на мову розробника. Крім цього, метод СФЯ виконує ще багато інших завдань. Наприклад, дозволяє порівнювати показники товару, що проектується, з показниками товарів конкурентів [11].

2) Другий етап СФЯ – ранжування споживчих вимог. Для ранжирування необхідно оцінити рейтинги споживчих вимог, визначених у першому етапі. Вимоги споживачів завжди суперечливі і не можна створити продукцію, що відповідає всім споживчим вимогам. Маючи чітке уявлення про те, які вимоги необхідно задовольнити обов'язково, а які можна певною мірою упустити, фірма повинна знайти компроміс. Щоб відповісти на це питання, слід упорядкувати список споживчих вимог за рівнем ваги. В результаті виходить ще один стовпець з деякими числами, які вказують, яке місце за важливістю займає у цьому ряду кожна з вимог [11].

3) Третій етап СФЯ – розробка інженерних показників. Цей етап виконує спеціальна команда розробників. Перед нею на першому етапі роботи ставиться завдання скласти список інженерних характеристик майбутнього виробу – оцінка виробу з точки зору інженера. Ця команда готує список характеристик, важливих з їхньої точки зору, і пропонує його як результат даного етапу. Природно, що ці характеристики будуть сформульовані чітко та змістовно [11].

«4) На четвертому етапі СФЯ проводиться обчислення залежностей споживчих вимог та інженерних характеристик. В результаті виконання трьох попередніх етапів проектувальники отримали ранжований список споживчих вимог та інженерних характеристик, сформульованих на професійному жаргоні. Для успішної розробки виробу потрібно зробити щось на зразок словника перекладу споживчих вимог до інженерних характеристик. Також на цьому етапі необхідно відповісти на питання: як залежить дана споживча вимога від того, яке значення надається цій інженерній характеристиці» [11].

Після встановлення взаємозв'язку між споживчими вимогами та інженерними характеристиками стає зрозуміло, які інженерні характеристики найбільше впливають на задоволення певних вимог споживачів, які – слабо, які взагалі не створюють доданої цінності продукції для споживача. На цьому етапі необхідно вирішити, чи потрібно залишати в товарі, що проектується, ті інженерні характеристики які не потрібні споживачеві. При цьому слід обов'язково враховувати, що деякі характеристики, навіть якщо вони не потрібні споживачеві, можуть бути необхідні для нормального функціонування продукту. Тому не все, що не додає цінності споживачеві, має бути прибрано.

5) П'ятий етап СФЯ – побудова «даху». СФЯ дуже часто називається «будинком якості» саме через «дах», в якому проставляються взаємозв'язки між інженерними характеристиками та вимогами споживача. Інженерні характеристики можуть бути різноспрямованими та, відповідно, суперечити один одному. Суперечливі властивості позначаються знаком «мінус». "Односпрямовані" характеристики - знаком "плюс". Надалі ця залежність враховуватиметься при оптимізації всієї системи. Ці характеристики визначають, яким способом та за яких умов слід вести процес виробництва щоб отримати продукцію, яка максимально відповідає споживчим вимогам [11].

6) На шостому етапі СФЯ визначають вагові показники інженерних характеристик з урахуванням рейтингу важливості споживчих вимог та залежності між споживчими вимогами та інженерними характеристиками [11].

7) На сьомому етапі СФЯ провадиться облік технічних обмежень. Не всі значення інженерних показників досяжні, тому в матриці проставляють експертні оцінки технічної реалізованості тих значень інженерних характеристик, яких найбільше вимагають споживачі. З огляду на це виходять скориговані цільові значення інженерних характеристик [11].

8) Зміст восьмого етапу СФЯ полягає в обліку впливу конкурентів. Говорячи про реальний ринок, необхідно пам'ятати про конкурентів, яких у певній ніші може бути велика кількість.

У цілому метод СФЯ дозволяє як формалізувати процедуру певних основних характеристик створюваного продукту з урахуванням побажань споживача та приймати обґрунтовані рішення з управління якістю процесів створення нового продукту. Таким чином, «розгортаючи» якість на початкових етапах життєвого циклу продукту відповідно до потреб і побажань споживача, вдається уникнути (звести до мінімуму) коригування параметрів продукту після його появи на ринку, а отже забезпечити високу цінність і, водночас, відносно низьку вартість продукту (за рахунок зведення до мінімуму невиробничих витрат).

2.2 Ризик орієнтований підхід до процесу

Аналіз наслідків та причин відмов Failure Mode & Effect Analysis – FMEA-аналіз) є методом аналізу можливості виникнення дефектів та їх впливу на споживача. FMEA-аналіз проводиться для продуктів і процесів, що розробляються, з метою зниження ризику виникнення потенційних дефектів [12].

Об'єктами FMEA-аналізу процесів можуть бути [12]:

- конструкція виробів (FMEA-аналіз конструкції);
- процес виробництва продукції (FMEA-аналіз процесу виробництва);
- бізнес-процеси (документообіг, фінансові процеси і т.д.) (FMEA аналіз бізнес-процесів);
- процес експлуатації виробів (FMEA-аналіз процесу експлуатації).

FMEA-аналіз конструкцій може проводитись як для вже розробленої конструкцій, так і для проектної. У робочу групу по проведенню аналізу зазвичай входять представники відділів розробки, планування виробництва, збуту, забезпечення якості, досвідчені представники виробництва. Ціль аналізу є виявлення потенційних дефектів виробів, що викликають

найбільший ризик зниження якості і внесення змін у конструкцію виробів які дозволили б знизити такий ризик.

«FMEA-аналіз процесу виробництва зазвичай здійснюється відповідними службами планування виробництва, забезпечення якості або виробництва. FMEA-аналіз процесу виробництва починається на стадії технічної підготовки виробництва і закінчується до основних – монтажно-складальних робіт. Ціль FMEA-аналізу процесу виробництва є забезпеченням виконання всіх вимог щодо якості процесу виробництва та збірки шляхом внесення змін до плану процесу для технологічних процесів з підвищеним ризиком» [12].

FMEA-аналіз бізнес-процесів зазвичай проводиться в підрозділах, що виконують даний бізнес-процес. У проведенні аналізу, крім представників цих підрозділів, зазвичай беруть участь представники служби забезпечення якості, представники підрозділів, які є внутрішніми користувачами результатів бізнес-процесу та підрозділів, які беруть участь у виконанні етапів бізнес-процесу. Метою є аналіз забезпечення якості виконання запланованого бізнес-процесу. Виявлені в ході аналізу можливі причини дефектів і невідповідності дозволяють визначити причину нестійкості системи. Вироблені коригуючі заходи повинні обов'язково передбачати впровадження статистичних методів, у першу чергу для тих операцій, де виявляється підвищений ризик [12].

FMEA-аналіз процесу експлуатації зазвичай проводиться в тому ж складі, що і FMEA-аналіз конструкції. Метою проведення цього аналізу служить формування вимог до конструкцій виробів, що забезпечують безпеку та задоволеність споживача, тобто підготовка вихідних даних як для процесу розробки конструкцій, так і для наступного FMEA-аналізу конструкцій [12].

Етапи проведення FMEA-аналізу [13]:

1. Побудова моделей аналізу об'єкта.

Розрізняють компонентну, структурну, функціональну та потокову моделі аналізу. Якщо FMEA-аналіз проводиться спільно з функціонально-стійним аналізом, використовуються раніше побудовані моделі.

2. Дослідження моделей. В ході дослідження моделей визначаються:

а) потенційні дефекти для кожного з елементів компонентної моделі об'єкта;

б) потенційні причини дефектів. Для їх виявлення можуть бути використані діаграми Ішикави, які будуються для кожного із функцій об'єкта, пов'язаного з виявленням дефектів [13].

Такі дефекти зазвичай пов'язані або з відмовою функціонального елемента (його руйнуванням, поломкою і т.д.), або з неправильним виконанням елементом його функцій, або зі шкідливими функціями елемента. У якості першого кроку рекомендується перевірка попереднього FMEA-аналізу або аналізу проблем, що виникли за час гарантійного терміну. Необхідно також розглянути потенційні дефекти, які можуть виникнути при транспортуванні, зберіганні, а також при зміні зовнішніх умов (вологість, тиск, температура) [13];

в) потенційні наслідки дефектів для споживача. Оскільки кожен із розглянутих дефектів може викликати ряд відмов в об'єкті, при аналізі наслідків використання структурної та потокової моделей об'єкта;

г) можливості контролю виявлення дефектів. Визначається, що дефект може бути виявленим до настання поломки механізму чи спричиненні шкоди;

3. Експертний аналіз моделей. На основі досвіду та наявних підтверджених гіпотез експерти визначають такі параметри [13]:

а) параметр критичності наслідків для споживача В (оцінюється зазвичай за 10-ти бальною шкалою; найбільший бал проставляють для випадків, коли наслідки дефекту несуть загрозу життю та здоров'ю споживачу);

б) параметр частоти виникнення дефекту А (виставляється за 10-ти бальною шкалою; найвищий бал проставляється, коли оцінка частоти виникнення становить понад 25%);

в) параметри ймовірності виявлення дефекту С (виставляється за 10-ти бальною шкалою; найвищий бал проставляється для «скритих» дефектів, які не можуть бути виявлені до настання поломки);

г) параметр ризику користувача D (показує, в співвідношеннях один до одного в даний момент знаходяться причини виникнення дефектів; дефекти з більшим коефіцієнтом пріоритету підлягають усуненню ризику в першу чергу).

Результати аналізу заносяться в спеціальну таблицю. По виявлених «вузьким місцям» розробляються коригувальні заходи [13].

«За результатами аналізу для розроблених коригувальних заходів складається план їх впровадження. Для цього визначається:

- в якій часовій послідовності слід впровадити ці заходи і скільки часу потрібно на проведення кожного заходу, через скільки часу після початку його проведення виявляється запланований ефект;

- хто буде відповідати за проведення кожного з цих заходів і хто буде конкретним його виконавцем;

- де (в якому структурному підрозділі) заходи повинні бути проведені;

- з якого джерела буде проводитися фінансування проведення заходів.

Рекомендується розглядати та впроваджувати коригуючі заходи у такій послідовності »[13]:

- Визначити причину виникнення дефекту. За допомогою зміни конструкції або процесу зменшити імовірність виникнення дефекту (зменшується параметр В);

- Запобігти виникненню дефекту. За допомогою статистичного регулювання завадити виникненню дефекту (зменшується параметр С);

- Зменшити вплив дефекту. Зменшити вплив прояву дефекту на клієнта або подальший процес з урахуванням зміни термінів та витрат (зменшується параметр A);

- Полегшити та підвищити імовірність виявлення дефекту. Полегшити виявлення дефекту та подальший ремонт (зменшується параметр A).

В даний час FMEA-аналіз широко застосовується в промисловості Японії, США та активно впроваджується в країнах ЄС. Його використання дозволяє помітно покращити якість під час впровадження розробок у виробництво та покращити якість процесів та виробів.

2.3 Методи пошуку першопричини. Діаграма Ісікави

При управлінні якістю не можна просто поставити завдання і вимагати його виконання. Необхідно зрозуміти зміст і важелі управління процесом, опанувати його і створити в рамках цього процесу способи випуску продукції вищої якості, постановки перспективніших завдань і досягнення необхідних результатів. Щоб полегшити цей процес, Каору Ісікава запропонував особливу діаграму [14].

«Кількість причинних факторів нескінченна. У будь-якій роботі, у будь-якому процесі можна відразу ж виділити десять-двадцять причинних факторів. Проконтролювати всі ці фактори неможливо. Навіть якби це виявилось можливим, така робота була б нерентабельною. Незважаючи на велику кількість причинних факторів, по-справжньому важливих, тобто таких, які значно впливають на результати, не так багато. Якщо дотримуватися принципу Парето, потрібно стандартизувати два-три найважливіших чинника і керувати ними, але спочатку необхідно виявити ці основні причинні чинники» [14].

Причинно – наслідкова діаграма Ісікави – інструмент, який дозволяє виявити найістотніші фактори (причини), що впливають на кінцевий результат (наслідок) [14].

У 1953 р. професор Токійського університету Каору Ісікава, обговорюючи проблему якості на одному заводі, підсумовував думку інженерів у формі діаграми причин та результатів. Вважається, що тоді цей підхід був застосований уперше, але ще раніше співробітники професора Ісікави користувалися цим методом для впорядкування факторів у своїй науково-дослідній роботі. Коли ж діаграму почали використовувати на практиці, вона виявилася дуже корисною і незабаром набула широкого поширення в багатьох компаніях Японії. Вона була включена в японський промисловий стандарт (JIS) в галузі контролю якості та визначається в ньому таким чином: діаграма причин і наслідків – діаграма, яка показує відношення між показником якості та факторами, що впливають на нього.

Причинно-наслідкову діаграму інакше називають діаграмою «риб'ячий скелет» (Рис. 2.1)

Для складання причинно-наслідкової діаграми необхідно підібрати максимальну кількість факторів, що мають відношення до характеристики, що вийшли за межі допустимих значень. При цьому для дослідження причин явища необхідно залучати і третіх осіб, які не мають безпосереднього відношення до роботи, оскільки у них може виявитися несподіваний підхід до виявлення та аналізу причин, якого можуть не помітити особи, залучені до конкретного робочого процесу [14].

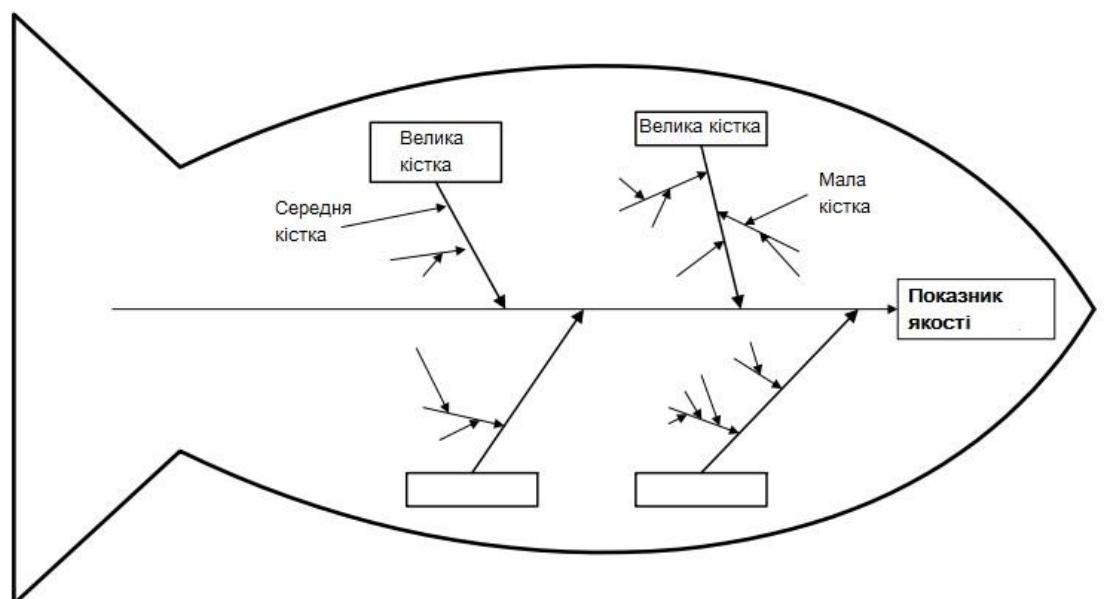


Рисунок 2.1 Причинно-наслідкова діаграма - "Риб'ячий скелет"

«Найбільш ефективним вважається груповий метод аналізу причин, який називається «мозковим штурмом». У цьому випадку, якщо проблема виникла у цеху, до групи експертів приєднуються особи, які безпосередньо працюють на виробничій ділянці, на якій виник дефект, оскільки люди, які щодня виконують виробничі операції на своєму робочому місці можуть повідомити більше цінних фактів, ніж будь-хто інший: вони добре розуміють зміни і відхилення в робочому процесі. Переглядаючи документацію, що стосується контролю, або запису робочих операцій, можна пропустити запис (а оператор може повідомити важливу для вирішення проблеми операцію), і якщо таку інформацію упустити, це може спричинити велику шкоду» [14].

При аналізі проблем пов'язаних з якістю продукції, зазвичай, розглядаються такі групи: технологія, устаткування, методи виміру, персонал, матеріали, організація виробництва, зовнішні умови. Можуть розглядатися інші групи. У кожній групі фактори об'єднуються у підгрупи. Так у групу "персонал" зазвичай входять такі підгрупи: кваліфікація, дисципліна, відповідальність та інше. Підгрупи, своєю чергою, поєднують дрібніші групи конкретних чинників. Так, у підгрупу "кваліфікація персоналу" входять фактори: досвід, теоретичні знання, практичні навички і. т.д. Угрупування факторів за групами носить певною мірою умовний характер і визначається з урахуванням поставленої мети та конкретних умов аналізу [14].

2.4 Статистичний аналіз. Діаграма Парето

Ця діаграма названа на честь італійського економіста В. Парето, який у 1897 році, аналізуючи багатства Італії, вивів формулу, що показує, що доходи у суспільстві розподіляються нерівномірно. Ця ж теорія в 1907 р. була проілюстрована на діаграмі американським економістом М.С. Лоренцом. Обидва вчені показали, що у більшості випадків найбільша частка доходів

(80%) належить невеликій кількості людей (20%). Доктор Д.М. Джуран використав цей постулат для класифікації проблем якості на: нечисленні, але істотно важливі і численні несуттєві і назвав цей метод аналізом Парето. Відповідно до цього методу в більшості випадків переважна кількість дефектів і пов'язаних з ними матеріальних втрат виникає через відносно невелику кількість причин. Таким чином, з'ясувавши причини появи основних дефектів, можна усунути майже всі втрати, зосередивши зусилля на ліквідації саме цих причин [15].

Аналіз Парето - це інструмент, що дозволяє об'єктивно уявити та виявити основні фактори, що впливають на досліджувану проблему та розподілити зусилля для її вирішення. Аналіз Парето застосовується як для виявлення проблем чи гострих питань, так і для аналізу причин, чому викликають ці проблеми. Тому розрізняють два види діаграм Парето: за результатами діяльності та за причинами.

Діаграма Парето за результатами діяльності призначена для виявлення основної проблема, що викликає такі небажані результати діяльності [15]:

- якість - невідповідності, помилки, рекламації, ремонт, повернення продукції;
- собівартість – обсяг втрат, витрати;
- строки поставок – брак запасів, помилки у складанні рахунків, зрив термінів поставок;
- безпека – нещасні випадки, аварії.

Діаграма Парето показує причини проблем, що виникають у виробництві, та використовується для виявлення головної з них:

- виконавець – зміна, бригада, вік, досвід роботи, кваліфікація;
- обладнання – верстати, оснастка, інструменти, штампи тощо;
- сировина – виробник, вид сировини, партія;
- метод роботи - умови виробництва, засоби роботи, послідовність операцій;

- вимірювання – точність, відтворюваність, стабільність, тип вимірювального приладу.

Аналіз Парето включає наступні етапи [15]:

«1. Визначення мети. Мета має бути сформульована точно та чітко. Встановіть метод (як збирати та як класифікувати) та період збору даних.

2. Організація та проведення спостережень. Розробити контрольний листок для реєстрації даних з переліком видів інформації, що збирається.

3. Аналіз результатів спостережень, виявлення найзначніших чинників. Розробити бланк таблиці для даних передбачивши в ньому графу для підсумків за кожною перевіреною ознакою окремо накопиченої суми числа дефектів, відсотків до загального підсумку та накопичених відсотків.

4. Побудова діаграми, що наочно показує відносну значущість кожного з факторів. Побудувати стовпчастий графік, де кожному виду дефекту відповідає стовпчик вертикальний рядок якого відповідає значенню суми втрат від цього виду дефекту.

5. Побудова графіка Парето. Накреслити кумулятивну криву, поєднуючи праві кінці кожного інтервалу між собою відрізками.

Після проведення корекцій з урахуванням аналізу даних заходів зазвичай проводиться повторний аналіз із метою оцінки ефективності вжитих заходів. При цьому повторюється вся процедура побудови діаграми Парето і нові результати порівнюються з даними, отриманими раніше »[15].

Висновки. У даному розділі описано алгоритм методу структурування функції якості (СФЯ) (Quality Function Deployment - QFD) який використовується для визначення критичних показників якості виробу. Даний метод дозволяє виокремити важливі аспекти на яких ватро сфокусувати увага та відокремити другорядні характеристики деталі. Описаний алгоритм проведення FMEA-аналізу. Даний аналіз дозволяє попередити виникнення дефектів, підвищити якість виявлення дефектів. Даний метод дозволяє ранжувати дефекти в залежності від їх критичності та впливу на кінцевого споживача чи надійність виробу. Побудова діаграми

Ісікави дозволяє виявити причини виникнення дефектів. Метод Парето акцентує увагу на критичних дефектах.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. ПОБУДОВА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Аналіз конструкції деталі

Деталь виготовляється із сталі 38ХМ-2 ГОСТ 4543-91.

Заготовку деталі відрізають із сталевого гарячекатаного круглого прокату діаметром 50 мм, витримуючи розмір 220 ± 1 . Після відрізки притуплюють гострі кромки на слюсарному верстаті, маркують, контролюють стилоскопом та відправляють на термообробку. На токарно-гвинторізному верстаті «1К62» виконують підрізання торця, обточування зовнішніх циліндричних поверхонь, фасок та канавок.

На шліцефрезерному верстаті «5350В» виконують фрезерування шліців.

На кругло-шліфувальному верстаті «3Б151» виконують шліфування зовнішніх циліндричних та зовнішніх діаметрів шліців.

На агрегатному верстаті «3451» шліфують всі поверхні шліців.

На горизонтально-розточувальному верстаті «2620ГФ1» свердлять отвір, зенкують фаску і нарізають різьбу.

На координатно-розточувальному верстаті «2В2440» фрезерують пази.

Задирки зачищаються на слюсарному верстаті.

Контрольні заміни та перевірки деталі проводяться та контролюються за конструкторською документацією; на устаткуванні, передбаченому технологічним процесом.

Для контролю використовуються такі засоби: ШЦ ГОСТ166-99, шаблони, скоби, кутомір ГОСТ 5378-98, калібри, індикатори ГОСТ 5584-95,

мікрометр МР 25 ГОСТ 4381-97, мікрометр МК 50-1 ГОСТ 6507-99, стійка індикаторна ГОСТ 10197-70.

Ріжучі інструменти які використовуюються: прохідні, відрізні, канавкові, різьці, фреза дискова, свердла, розгортки, зенківка, мітчик, шліфувальні круги.

Після остаточного виготовлення та контролю деталь передається на покриття, а потім на складання. Тип виробництва деталі - одиничне.

3.2 Службове призначення деталі

Габаритні розміри деталі – $\varnothing 50$; $L=216\pm 0,5$;

Матеріал – сталь 38ХМ-2 ГОСТ 4543-91;

Маса деталі – 1,65 кг.

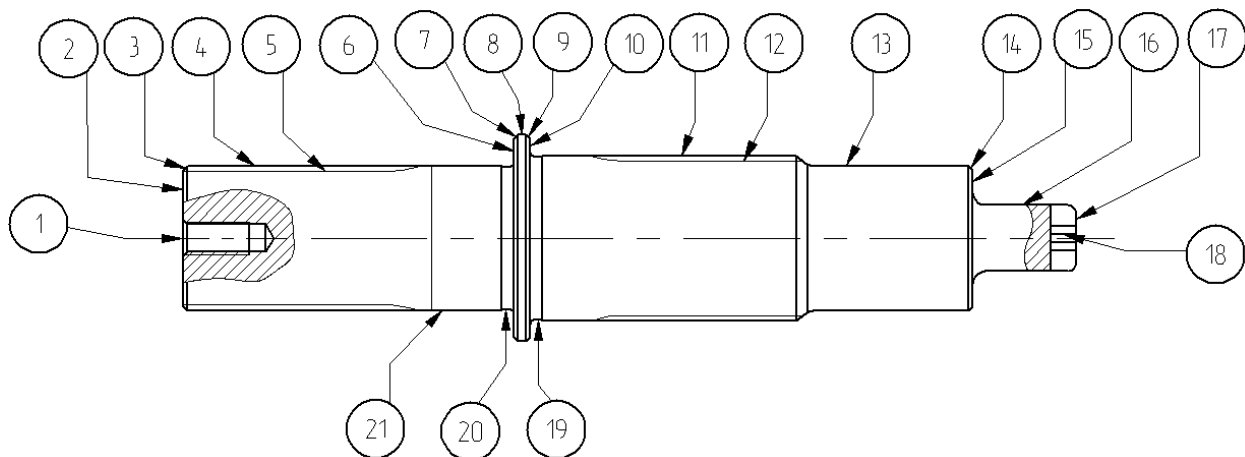


Рисунок 3.1 Позначення елементарних поверхонь деталі

Елементарні поверхні деталі виконують різні функції, у зв'язку з чим їх необхідно поділити на чотири види:

- виконавчі поверхні - 4, 11, 18
- основні базуючі поверхні-1, 5, 12, 13, 16, 21
- допоміжні базуючі поверхні - 1, 2, 6, 10, 15
- вільні поверхні - 3, 8, 7, 9, 14, 19, 20

Види поверхонь, з яких складається деталь, можна розділити на дві групи:

- прості елементарні поверхні (ПЕП), що складаються з однієї елементарної поверхні, наприклад, зовнішня циліндрична поверхня, торцева поверхня, фаска, площина, тощо. Поверхні (2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 21);

- складні елементарні поверхні (СЕП), що складаються з декількох простих елементарних поверхонь, наприклад, шліцева поверхня, зубчаста поверхня, фасонна поверхня, канавка, центровий отвір, тощо. Поверхні (1, 5, 12, 18, 19, 20).

3.3 Вимоги щодо якості поверхонь деталі

В таблиці 3.1 представлені вимоги до якості поверхонь деталі.

Таблиця 3.1 Вимоги до якості поверхонь деталі

№ поверхні	Вид та позначення поверхні	Кількість	Квалітет	Допуск розміщення	Параметри якості поверхні			Відповідність рекомендаціям	Пропозиції для зміни
					Параметри шорсткості	Допуск форми	Інші показники		
1	ВРП	1	IT12	-	Ra6,3	-	-	Ra6,3	Ra6,3
2	НТП	1	IT12	-	Ra12,5	-	-	Ra12,5	Ra12,5
3	Ф	1	IT11	-	Ra6,3	-	45°	Ra6,3	Ra6,3
4	НЦП	1	IT6	⊙0.03	Ra1,6	-	-	Ra1,6	Ra1,6
5	НШЛП	1	IT10	-	Ra3,2	-	-	Ra3,2	Ra3,2
6	НТП	1	IT11	-	Ra6,3	↗ 0,016	-	Ra6,3	Ra6,3
7	Ф	1	IT11	-	Ra6,3	-	45°	Ra6,3	Ra6,3
8	НЦП	1	IT12	-	Ra12,5	-	-	Ra12,5	Ra12,5
9	Ф	1	IT11	-	Ra6,3	-	45°	Ra6,3	Ra6,3
10	НТП	1	IT11	-	Ra6,3	↗ 0,016	-	Ra6,3	Ra6,3
11	НЦП	1	IT6	⊙0.03	Ra1,6	-	-	Ra1,6	Ra1,6
12	НШЛП	1	IT10	-	Ra3,2	-	-	Ra3,2	Ra3,2
13	НЦП	1	IT6	⊙0.02	Ra1,6	-	-	Ra1,6	Ra1,6
14	Ф	1	IT11	-	Ra6,3	-	45°	Ra6,3	Ra6,3

15	НТП	1	IT12	-	Ra12,5	-	-	Ra12,5	Ra12,5
16	НЦП	1	IT6	⊙0.02	Ra1,6	-	-	Ra1,6	Ra1,6
17	НТП	1	IT11	-	Ra12,5	-	-	Ra12,5	Ra12,5
18	П	4	IT11	$\overline{\text{T01}}$	Ra3.2	-	45°	Ra3.2	Ra3.2
19	К	1	IT12	-	Ra12,5	-	-	Ra12,5	Ra12,5
20	К	1	IT12	-	Ra12,5	-	-	Ra12,5	Ra12,5
21	НЦП	1	IT6	-	Ra1,6	-	-	Ra1,6	Ra1,6

В таблиці 3.2 наведено загальноприйняті параметри лінійних розмірів деталі.

Таблиця 3.2 Допуски лінійних розмірів деталі

Лінійні розміри на кресленні	Лінійні розміри ГОСТ 6636-99				
	Ra5	Ra10	Ra20	Ra40	Додаткові розміри
20	16	20	20	20	20.5
50	40	50	50	50	52
4	4	4	4	4	4.1
22	16	20	20	20	23
25	25	25	25	25	-
65	63	63	63	63	65
6	6.3	6.3	6.3	6.3	6.5
132	100	125	125	125	135
216	160	200	200	200	230
3	2.5	2.5	2.5	2.3	3.1
16	16	16	16	16	16.5

Таблиця 3.3 Допуски кутових розмірів

Кутові розміри на кресленні	Нормальні кути по ГОСТ 8908-91		
	1 ряд	2 ряд	3 ряд

45	45	40	50
----	----	----	----

Таблиця 3.4 Поля допусків

Позначення полів допуску на кресленні	Позначення полів допуску
25±0,5	25js16(±0.5)
65±0,25	65js15(±0.5)
6 ^{+0.5}	6h15(+0.5)
132±0,5	132js14(±0.5)
216±0,5	216js14(±0.5)
22 ₋₁	22H12(-1)
50±1	50js16(±1)
20 ⁺¹	20 h15(+1)

3.4. Аналіз маршрутного технологічного процесу обробки деталі

Загальний аналіз технологічного процесу розпочнемо з аналізу маршруту обробки (таблиця 3.5). Аналіз маршрутного технологічного процесу (ТП) починається із окреслення структур операції. У технологічній операції виробничого процесу часто не приділяється належної уваги парному виділенню елементів технологічного процесу: установу, позиції та переходу.

Таблиця 3.5 Маршрутна карта технологічного процесу

№ операції	Найменування та короткий зміст операції	Тип обладнання	Допоміжне обладнання	База
005	Стропальна	Кран балка	Строп універсальний	-
010	Контрольна	Стіл контрольний	-	-
015	Відрізна	Дискова пила 8B66A	Круг відрізний	-
020	Слюсарна	Слюсарний	-	-

		верстак		
025	Маркувальна	Слюсарний верстак	-	-
030	Контрольна	Стилоскоп	-	-
035	Слюсарна	Слюсарний верстак	Папір шліфувальний	-
040	Контрольна	Стіл контрольний	-	-
045	Маршрутна	-	-	-
050	Контрольна	Стіл контрольний	-	-

Продовження таблиці 3.5

055	Токарна Установ А; I,II,III [2,4]	Токарно- гвинторізний 1К62	Патрон трьохкулачковий	17, вісь
060	Токарна Установ А; I,II,III,IV [10,11,13, 15,16,17]	Токарно- гвинторізний 1К62	Патрон трьохкулачковий	17, вісь
065	Токарна Установ А; I,II,III,IV,V,VI, VII[9,10,11,13,14,15,16,19]	Токарно- гвинторізний 1К62	Патрон поводковий, центр опорний, центр обертовий	17, вісь
070	Токарна Установ А; I,II,III,IV [3,4,7,20]	Токарно- гвинторізний 1К62	Патрон поводковий, центр опорний, центр обертовий	17, вісь
075	Контрольна	Токарно- гвинторізний 1К62	Патрон поводковий, центр опорний, центр обертовий	-

080	Шліцефрезерна Установ А; I [5]	Шліцефрезерний 5350В	Центр опорний, центр обертовий	17, вісь
085	Слюсарна	Слюсарний верстак	-	-
090	Контрольна	Стіл контрольний	Скоба, мікрометр	-
095	Шліцефрезерна Установ Б; I[12]	Шліцефрезерний 5350В	Центр опорний, центр обертовий	2, вісь
100	Слюсарна	Слюсарний верстак	-	-
105	Контрольна	Стіл контрольний	-	-

Продовження таблиці 3.5

110	Круглошліфувальна; I,II,III [4] Установ Б; I,II[11,13,16]	Круглошліфувальний 3Б151	Центр опорний, центр обертовий	2, вісь 17, вісь
115	Контрольна	Круглошліфувальний 3Б151	Стійка індикаторна, індикатор	-
120	Шліцешліфувальна Установ А; I [5]	Агрегатний 3451	Центр опорний, центр обертовий	17, вісь
125	Контрольна	Стіл контрольний	-	-
130	Шліцешліфувальна Установ Б; I[12]	Агрегатний 3451	-	-
135	Контрольна	Стіл контрольний	-	-
140	Розточна Установ А; I,II,III[1]	Горизонтально- розточний 2620ГФ1	Призми	10,17
145	Розточна Установ А; I[1]	Координатно- розточний 2В440	Притискні планки	10,2

150	Слюсарна	Слюсарний верстак	-	-
155	Маркувальна	Слюсарний верстак	-	-
160	Контрольна	Стилоскоп	-	-
165	Слюсарна	Слюсарний верстак	-	-
170	Промивочна	-	-	-

Продовження таблиці 3.5

175	Контрольна	Стіл контрольний	-	-
180	Маршрутна	-	-	-
185	Контрольна	-	-	-

Для обробки деталі було обрано наступне технологічне обладнання:

- Токарно-центровий верстат 1К62;
- шліцефрезерний 5350В;
- Кругло-шліфувальний 3Б151;
- Агрегатний 3451;
- Координатно-розточний 2В440;
- Горизонтально- розточний 2620ГФ1.

3.5 Аналіз видів технологічних переходів та етапів обробки

Таблиця 3.6 Аналіз видів технологічних переходів та етапів обробки

№ операції	Найменування операції, установ, установ,	Установ	Позиція	№ та найменування переходу	Вид переходу по складності
------------	--	---------	---------	----------------------------	----------------------------

055	Токарна	А	I,II,III	Підрізати торець заготовки , не більше 5 мм; Зацентрувати центрувальним свердлом Ø2,5 на глибину 3 мм; Обточити зовнішній діаметр заготовки	Елементарний
060	Токарна	Б	I,II,III, IV,V	Підрізати торець, витримуючи розмір 216±0,5; Зацентрувати центрувальним свердлом Ø2,5 на глибину 3 мм; Обточити зовнішній діаметр заготовки Ø45±0,5 з підрізанням торця у розмір 132-	Елементарний

Продовження таблиці 3.6

065	Токарна	В	I,II,III, IV, V,VI,VI I	Обточити поверхню деталі з припуском під шліфування Ø40,8h11 _(-0.16) з підрізуванням торця у розмір 132 _{-0.5} ; Обточити поверхню деталі з припуском під шліфування Ø35,8h12 _(-0.25) на довжину	Елементарний
070	Токарна	Г	I,II,III, IV	Обточити поверхню деталі з припуском під шліфування Ø35,8h11 _(-0.16) , витримуючи розмір 4 ^{+0.5} ; Врізатися, витримуючи розмір 4h12 _(-0.12) і обточити канавку ; Обточити фаску 1×45° на необроблюваній	Елементарний
080	Шліцефрезерна	А	I	Фрезерувати 26 шліців з модулем 1,25 на довжину 50±1 з припуском під шліфування	Елементарний
095	Шліцефрезерна	Б	I	Фрезерувати 30 шліців з модулем 1,25 з припуском під шліфування	Елементарний
110	Круглошліфувальна	А Б	I,II,III I,II	Шліфувати зовнішній діаметр шліців у розмір Ø40h6(-0.016); Шліфувати зовнішній діаметр деталі у розмір Ø 35k6($\begin{matrix} -0.018 \\ -0.002 \end{matrix}$); Шліфувати зовнішній діаметр деталі у розмір Ø16h8(-0.027);	Елементарний

120	Шліцешліф	А	І	Шліфувати 30 шліців з модулем 1,25	Елементарн ий
130	Шліцешліф	Б	І	Шліфувати 26 шліців з модулем 1,25	Елементарн ий
140	Розточна	А	І,ІІ,ІІІ	Свердли́ти отвір $\varnothing 6,7H12^{(+0,15)}$ під різьбу М8-7Н на глибину 20^{+1} без урахування конуса свердла ; Зенкувати фаску $1,6 \times 45^\circ$ в отворі $\varnothing 6,7H12$;	Елементарн ий
145	Розточна	А	І	Фрезерувати попередньо 4 пази $2H8^{(+0,15)}$ з припуском $0,2$ мм на сторону під припилювання на глибину $6^{+0,5}$,	Елементарн ий

Висновки: У структурі операції є виділені установи та поділ на переходи. Для кожної операції в маршрутній карті наведено обладнання, ріжучий та вимірювальний інструмент та пристосування. Обладнання, що застосовується при виготовленні задовольняє умови якості деталі та технологічного процесу в заданому типі виробництва, моделі верстатів відповідають методам обробки здійснюваних на них операцій. Проведений аналіз видів технологічних переходів та етапів обробки показав, що обробка даної деталі проводиться раціонально і не потребує модернізації чи суттєвої зміни.

РОЗДІЛ 4

МАТЕМАТИЧНО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ. АНАЛІЗ, РАНЖУВАННЯ ТА ЗНИЖЕННЯ КІЛЬКОСТІ ДЕФЕКТІВ

4.1 Оцінка ризиків при виготовленні деталі

Аналіз причин та наслідків дефектів (FMEA) — це систематичний, покроковий підхід для виявлення всіх можливих помилок у проекті, процесі виробництва чи складанні, продукті чи послугі. Це інструмент оцінки ризиків, який допомагає передбачити, що може піти не так (режим відмови),

її вплив (аналіз наслідків) і як цьому запобігти, вирішуючи проблеми завчасно.

«Метод аналізу відмов і наслідків (FMEA) десятиліттями використовувався для проведення аналізу правильності проходження процесу та ризиків, виявлення та зменшення відмов і підвищення якості продуктів і процесів. Техніка проведення аналізу залежить від галузі та застосування, але мета полягає в тому, щоб зменшити кількість дефектів продукції та відмов механізмів. FMEA — це систематичний метод оцінки та визначення того, де і як продукт або процес можуть вийти з ладу. Це проактивний підхід для оцінки впливу потенційних збоїв і визначення компонентів у процесі, які найбільше потребують змін»[12].

Команди використовують FMEA для виявлення потенційних збоїв на різних етапах життєвого циклу продукту, включаючи проектування продукту, процес виробництва або складання, обслуговування, тощо. Це допомагає оцінити ризик, пов'язаний із цими режимами збою, ранжувати та визначати пріоритетні проблем.

«Оцінка ризику здійснюється за 10-ти бальною шкалою (чим критичніше чи частіше стається дефект тим вища оцінка) по трьох категоріям: критичність SEV (на скільки критичним та важливим є дефект чи відхилення), частота OCC (як часто трапляється) та наскільки легко і коли відхилення буде виявлено DET. Добуток RPN усіх трьох категорій буде визначати процес або дефект який є найбільш значущим та над яким потрібно працювати. Після картування усіх процесів чи дефектів визначаються найбільш критичні, впроваджуються коригувальні заходи для зниження критичності чи полегшення виявлення та здійснюється переоцінка. Основні види дефектів та їх частота визначались з реальних даних отриманих від виробництва про виявлені проблеми та проблеми які з високою імовірністю можуть бути. Усі дані заносяться в таблицю аналізу видів, причин і наслідків потенційних ризиків FMEA. При потребі дефекти чи проблеми дозволяється об'єднувати у спільні блоки»[13].

Таблиця 4. 1 – Протокол аналізу видів, причин і наслідків потенційних ризиків FMEA

Процес	Можливі ризики	Наслідки можливо го ризику	SEV від 1-10	Ймовірність того, що такий ризик матиме місце (як часто трапляється і т.д.)	OCC від 1-10	Детектування - як і чим контролюємо, що являється індикатором правильності виконання, Як складно виявити	DET від 1-10	RPN - Risk Priority Number (величина рівня ризику) SEV*OCC *DET
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отримання заготовки з прокату 50-В ГОСТ 2590	Діаметр прокату менше ніж 50 мм	Деталь не буде відповідати КД	10	Один раз у пів року	3	Буде виявлено під час токарної обробки	5	150
Відрізання заготовки по довжині в розмір 220±1	Заготовка коротша ніж потрібно	Деталь не буде відповідати КД	10	Два рази за пів року	4	Буде виявлено під час токарної обробки або під час контрольної перевірки	7	280
Контроль стилоскопом	Якість матеріалу (хімічний склад) не відповідатиме характеристикам	Руйнування деталі, невідповідність механічних характеристик деталі	10	Один раз у пів року	3	Буде виявлено при аналізі причини виходу з ладу деталі	10	300

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Маркування	Нанесено	Проблем	4	Два рази за	4	Буде	5	80

деталі	не вірно маркування	и при складанні		пів року		виявлено при складанні		
Термічна обробка	Не витримані режими термічної обробки	Втрата механічних характеристик истик деталі, руйнування в процесі експлуатації	10	Один раз у пів року	3	Буде виявлено при аналізі причини виходу з ладу деталі	10	300
Підрізання торців деталі	Не витриманій габарит деталі (більше)	Деталь не відповідає КД	8	Один раз у пів року	3	Буде виявлено при перевірці деталі	4	96
	Не витриманій габарит деталі (менше)	Деталь не відповідає КД	10	Один раз у пів року	3	Буде виявлено при перевірці деталі	4	120
Обробка поверхонь 10,11,13, 15,16,17	Для поверхні 11 не витримано шорсткість Ra1,6	Неможливо змонтувати підшипник	10	Один на місяць	6	Буде виявлено при складанні	8	480
	Не витримано відстань до поверхні 13	Не вірно позиціонування деталі у виробі	8	Два рази за пів року	4	Буде виявлено при перевірці деталі	4	128

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

Обробка поверхонь 3,4,7,20	Не витримано діаметр поверхні 4	Не належна робота шліцевої передачі. Сторонні шуми при роботі вузла	8	Один раз у пів року	3	Буде виявлено в процесі експлуатації	9	216
	Не витримано шорсткість поверхні 4, Ra1,6	Неможливо змонтувати підшипник	10	Один раз на місяць	6	Буде виявлено при складанні	8	480
Контроль після обробки	Не виконано контроль деталі оператором	Не виявлено імовірних відхилень	8	Один раз на місяць	6	Буде виявлено на вихідному контролі	8	384
	Не перевірено усі параметри	Не виявлено імовірних відхилень	8	Один раз на місяць	6	Буде виявлено на вихідному контролі	8	384
Фрезерування шліців, поверхня 5, поверхня 12	Параметр шліців не відповідає КД	Не можливо скласти виріб	10	Один раз у пів року	3	Буде виявлено на вихідному контролі або при складанні	6	180
Шліфування поверхонь 11,13,16	Не витримано діаметр поверхонь	Сторонні шуми при роботі	7	Один раз на місяць	6	Буде виявлено в процесі експлуатації	9	378

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Шліфування поверхонь 11,13,16	Не витримано шорсткість поверхні 13, Ra1,6	Неможливо змонтувати підшипник	10	Один раз на місяць	6	Буде виявлено при складанні	8	480
Шліфування шліців, поверхня 5, 12	Не витримані параметри шліців (виконано в +)	Неможливо змонтувати шестерню	10	Один раз на місяць	6	Буде виявлено при складанні	8	480
	Не витримані параметри шліців (виконано в -)	Люфт шестерні, сторонні шуми	8	Один раз на місяць	6	Буде виявлено при складанні чи в процесі експлуатації	8	384
Розточування поверхні 1	Не витримано глибину	Додаткова обробка	6	Один раз у пів року	3	Буде виявлено при нарізанні різі	5	90
	Не витримано допуск паралельності з поверхнею 3, 5	Не правильне позиціонування деталі	7	Один раз у пів року	3	Буде виявлено при складанні чи в процесі експлуатації	8	168
Контроль деталі	Не проведено контроль або перевірено не усі параметри	Не виявлено потенційний брак	9	Один раз на місяць	6	Буде виявлено при складанні чи в процесі експлуатації	8	432

Аналіз та службове призначення деталі з позначенням елементарних поверхонь представлено у розділі 3 на рисунку 3.1

Здійснивши опис та аналіз потенційних ризиків орієнтуємось на найбільше значення параметру RPN та вибираємо ТОП-5 ризиків. Для цих ризиків розробляємо коригувальні заходи та проводимо переоцінку для оцінки розроблених заходів. Заходи вважатимуться дієвими якщо хоча б один з параметрів зменшиться. Процеси з найбільшим значенням RPN заносимо в таблицю 4.2

Таблиця 4.2 Процеси для яких необхідні коригувальні заходи

Процес	Ризик	Проходження процесу	Запропоновані зміни	Параметр, що зміниться
Обробка поверхонь 10,11,13, 15,16,17 Об'єднаємо з процесом Обробка поверхонь 3,4,7,20	Для поверхні не витримано шорсткість Ra1,6	При виробництві шорсткість вважається виконаною якщо параметри обробки та інструменту відповідають стандартним. Оператор верстату не здійснює заміри параметру шорсткості, це здійснюється при кінцевій перевірці деталі відділом технічного контролю	На робочих місцях розмістити прилади для оптичної перевірки шорсткості. Внести зміни в тех.. процес, перевірку шорсткості проводити після шліфування	Параметр DET (детектування) зміниться в меншу сторону, оскільки відхилення виявлятимуться одразу.
Шліфування поверхонь 11,13,16	Не витримано шорсткість поверхні 13, Ra1,6	Проходження процесу аналогічне до п.1	Дії аналогічні до п.1. Додатково запровадження інструкції самоконтролю для операторів	Параметр DET (детектування) зміниться в меншу сторону, оскільки відхилення виявлятимуться одразу.

Шліфування шліців, поверхня 5, 12	Не витримані параметри шліців (виконано в +)	Параметри шліців перевіряються штангенциркулем та кутоміром.	Розробити прохідний шаблон для перевірки а інструкцію для його використання. При не проходженні деталь є не якісною	Параметр DET (детектування) зміниться в меншу сторону. Дефект виявлятиметься оператором.
-----------------------------------	--	--	---	--

Продовження таблиці 4.2

Контроль деталі	Не проведено контроль або перевірено не усі параметри	Перевірка деталі відбувається на верстаку слюсарному. Відсутня інструкція для перевірки, через що контролер може не перевірити якийсь з параметрів. Засоби для перевірки розміщені хаотично, деталі подаються групами	Розробити інструкцію для перевірки. Контроль основних параметрів виконувати безпосередньо на робочих місцях операторами. розмістити інструмент для перевірки таким чином, щоб брати його було потрібно згідно послідовності перевірки. Впровадити журнал контролю.	Параметр DET (детектування) зміниться в меншу сторону. Розміщення інструменту зменшить імовірність помилки.
Термічна обробка	Не витримані режими термічної обробки	Гартування відбувається в печі без комп'ютерного контролю параметрів. Температура зчитується оператором, час вибирається вручну по годиннику	Модернізувати піч. Температура та час гартування контролювати програмно	Проблема не повториться

4.2 Побудова діаграми Парето для визначення основних причин дефектів

Використовуючи діаграму Парето визначимо основні чинники через які виникає основна кількість дефектів та їх вагу.

Проблема: дефекти в деталях утворені під час механічної обробки.
Поставимо два цілі дослідження:

- 1) Визначити найпоширеніші види дефектів що виникають в процесі механічної обробки;
- 2) Визначити види дефектів, що призводять до найбільших втрат.

На етапі спостережень та при зборі вихідних даних про дефекти, жодних змін до технології та організації робіт не вноситься. Організується збір даних, одержуваних під час контролю, шляхом заповнення контролерами спеціальних листків реєстрації дефектів (таблиця 4.3)

Таблиця 4.3 Контрольний лист реєстрації видів дефектів

№ дефекту	Вид дефекту	Результат контролю	Число дефектів, m_i	Доля дефектів, $m_i/\Sigma m_i$
1	2	3	4	5
1	Не витримано розмір поверхні 12	X X IV	14	0,14
2	Не витримано шорсткість поверхні 3	III	3	0,03
3	Твердість деталі не відповідає ТУ	VIII	8	0,08
4	Профіль шліців не відповідає КД	X VIII	18	0,18
5	Не витримано шорсткість поверхні 17	X VI	16	0,16
6	Осьове биття деталі	VI	6	0,06
7	Порушено послідовність обробки поверхонь	XX III	23	0,23
8	Інші дефекти	X II	12	0,12
	Всього дефектів		100	1,0
	Загальне число відбракованих деталей		62	
	Загальне число перевірених деталей		167	

Подальша обробка результатів проводиться за даними, зафіксованими на листку за один день або за результатами кількох днів. В останньому у разі всі результати підсумовуються за всі дні контролю.

Наступні розрахунки проводимо у такому порядку:

1. Визначаємо загальну кількість дефектів сумуючи дані у графі 4:

$$14 + 3 + 8 + 18 + 16 + 6 + 23 + 12 = 100.$$

2. Визначаємо частку – відносну частоту появи кожного дефекту: першого дефекту – $14/100 = 0,14$; другого дефекту - $3/100 = 0,03$ і т.д.;

3. У сумі всі відносні частоти мають становити 1,0.

«Ці результати дозволяють вирішити перше завдання - визначити найпоширеніші види дефектів. Далі будується стовпчаста діаграма, висота стовпчиків якої відповідає кількості чи частці кожного виду дефектів. Така діаграма наведена на рис.4.1, де ліва вертикальна вісь кількість дефектів, а права вертикальна вісь представлена у відсотках чи частках: 100 % чи 1,0, відповідає сумарному числу дефектів - 100.»[11]



Рисунок 4.1 Діаграма Парето, що відображає найпоширеніші види дефектів

За отриманими даними можна побудувати кумулятивну криву, що показує наростаючим підсумком суму (або частку) першого, другого та решти дефектів. У даному випадку перша точка відповідає частці дефекту №

7 - 0,23, друга – сумі долі дефектів № 7 та № 4: $0,23 + 0,18 = 0,41$; третя; $0,41 + 0,16 = 0,57$; четверта: $0,57 + 0,14 = 0,71$ і так далі.

Отримані точки з'єднуються відрізками прямих ліній, така ламана лінія називається полігоном.

Розв'язання другого завдання потребує додаткового аналізу дефектів з огляду оцінки їх важливості чи небезпеки, чи витрат на усунення дефектів. Коефіцієнти, що характеризують значимість, вагу кожного дефекту, отримуємо або на основі економічних розрахунків або на основі інженерного аналізу, а в деяких випадках методом експертних оцінок. У разі як критерій, що характеризує значимість кожного виду дефектів приймаємо трудомісткість їх усунення. В результаті аналізу встановлено, що найменші трудовитрати потрібні для усунення дефекту № 7. Усунення дефекту № 1 вимагає у 2 рази більших трудовитрат ніж дефекту № 5 і № 6 в 4 рази, а дефекту № 4 і № 2- у 8 разів більше, ніж для дефекту № 7. Ці коефіцієнти визначають значимість кожного виду дефекту.

На ці коефіцієнти множаться дані із графі «Кількість дефектів». Результати вносяться до графі «Вага втрат»:

- для дефекту № 1: $14 \times 2 = 28$;
- для дефекту № 2: $3 \times 6 = 18$ і так далі.

Отримані числа підсумовуються - сума дорівнює 341. На цю суму ділиться вага кожного виду дефекту та виходять значення відносних втрат або частки втрат пов'язаних з кожним із видів дефектів. Ці величини наведено у графі «Долі втрат». Їхня сума дорівнює одиниці.

За отриманими результатами будується діаграма Парето яка відображає втрати викликані різними видами дефектів. Ця діаграма наведено на рис. 4.2. З неї випливає, що найбільші втрати пов'язані з дефектами №4. На другому місці дефекти №2 та №5.

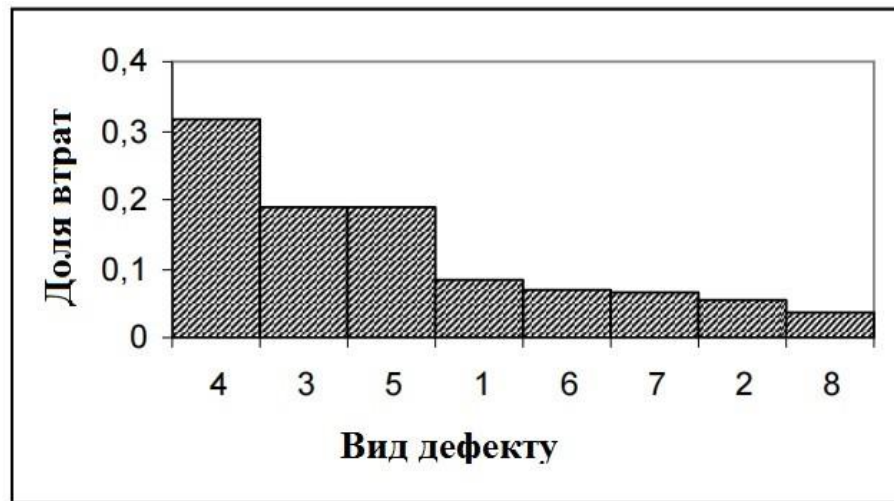


Рисунок 4.2 Діаграма Парето, що відображає втрати від різних видів дефектів

При використанні діаграми Парето найбільш поширеним методом аналізу є так званий АВС аналіз. Тут складові, за якими проводиться аналіз, об'єднуються в три групи А, В та С:

- До групи А належить 70-80% всіх дефектів чи витрат, якщо проводиться вартісний аналіз;
- До групи С 5–10%;
- Проміжна група В налічує 10-25% витрат, які пов'язані з помилками та дефектами в роботі.

Проведемо АВС - аналіз з прикладу. І тому слід побудувати діаграму Парето з причинами. Вона відображає причини проблем, що виникають у ході виробництва, та використовується для виявлення головних з них.

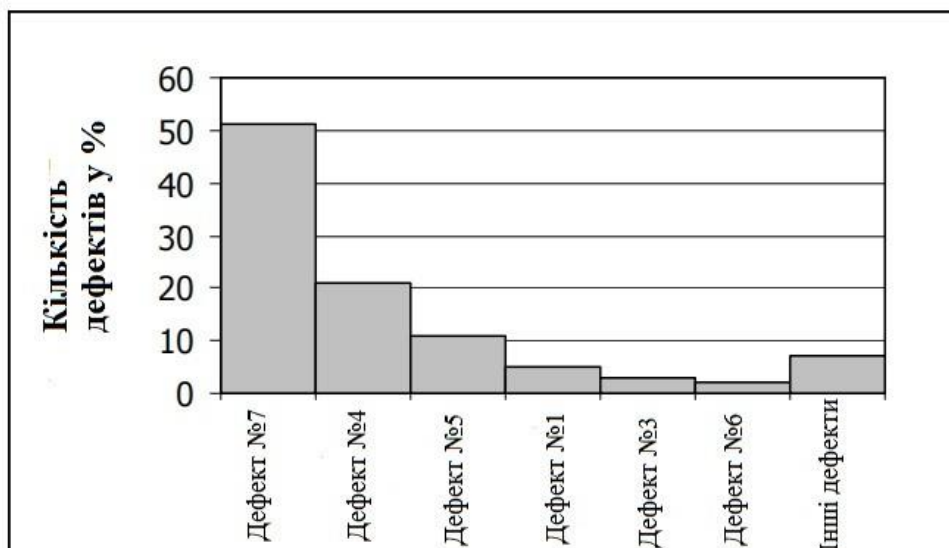


Рисунок 4.3 Стовпчикова діаграма розподілу вкладу різних типів дефектів

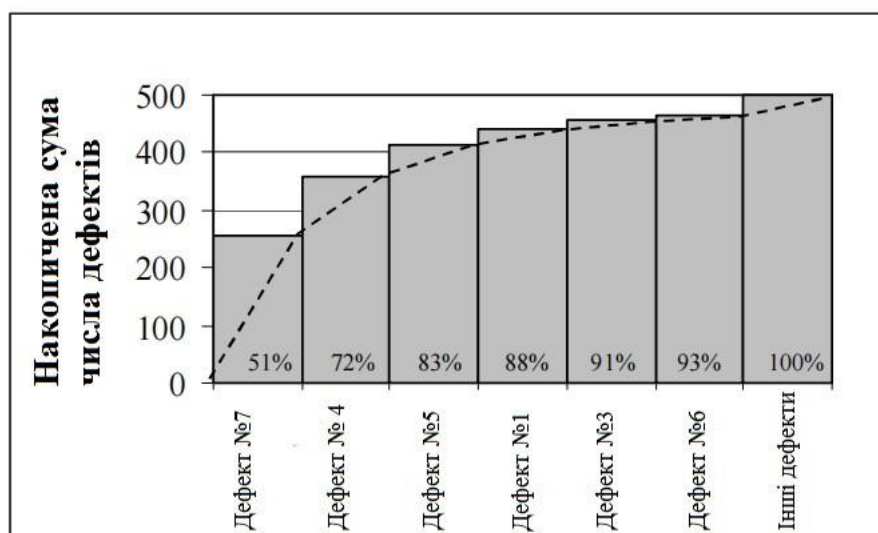


Рисунок 4.4 Нагромаджувальна гістограма дефектів та крива Парето

Зі стовпчикової діаграми та гістограми видно, що дефект №7, а саме порушення послідовності обробки поверхонь становить більше половини всіх дефектів – 51 %. Також досить велику частку становить дефект №4.

«Назвемо групу, що складається з таких дефектів №7 та №4 – групою А. Група А містить найзначніші дефекти, тобто ті які найбільш часто проявляються (72% від загальної кількості дефектів). Група В – дефекти №5, №1 та №3 це проміжна група (21% від загальної кількості дефектів). Група С

– Інші дефекти, частка яких незначна порівняно із загальним числом (7% від загальної кількості дефектів). Використовуючи дані побудуємо діаграму Парето (Рис.4.5) та відзначимо на ній групи ABC – аналізу видів дефектів»[14].

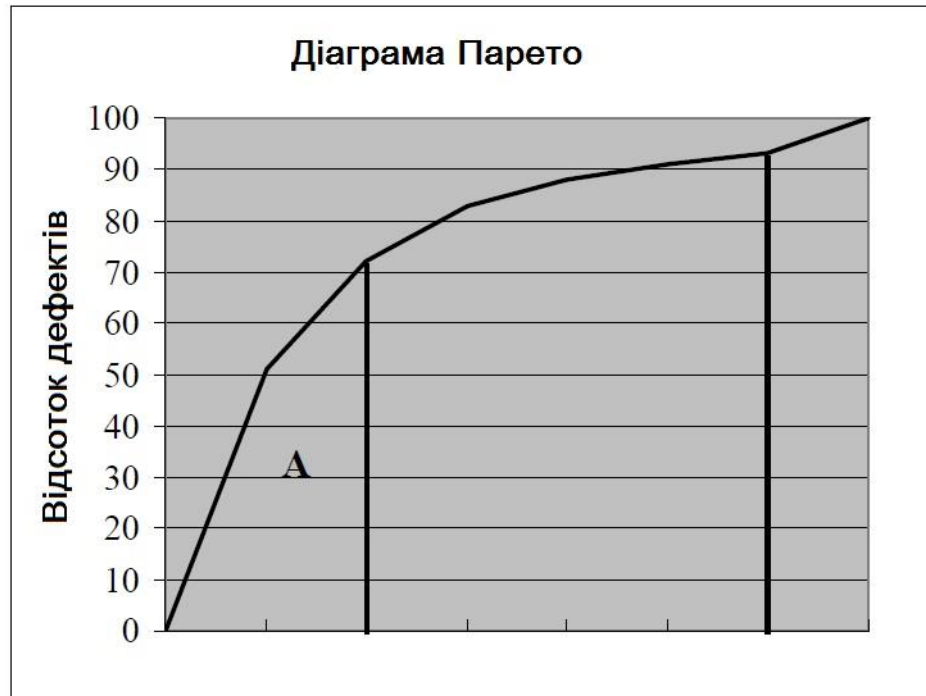


Рисунок 4.5 Діаграма Парето

Тепер, зрозуміло, що в першу чергу необхідно жорстко контролювати появу дефектів, які відносяться до групи А. Необхідно ретельно аналізувати різновиди дефектів, щоб визначити причини їх появи. Діаграму Парето доцільно застосовувати разом із причинно-наслідковою діаграмою. Після проведення коригувальних заходів діаграму Парето можна знову побудувати для умов, що змінилися в результаті корекції, і перевірити ефективність проведення покращень. В основі будь-якого заходу повинна лежати достовірна інформація. Саме таку інформацію дає змогу отримати діаграма Парето.

4.3 Пошук першопричини та розробка коригувальних заходів.
Побудова діаграми Ісікави для дефекту №7

Для усунення дефектів групи А необхідно визначити причини їх виникнення. Здійснимо це за допомогою діаграми Ісікави. Розглядаємо дефекти «порушення послідовності обробки поверхонь» та «профіль шліців не відповідає КД». Для визначення причин дефектів необхідно описати послідовність дій для проходження процесу обробки. При побудові діаграми Ісікави визначаємо фактори які впливають або можуть впливати на причину дефекту та розбираємо їх на дрібні причини. Діаграма Ісікави для дефекту №7 «порушення послідовності обробки поверхонь» представлена на рисунку 4.6.

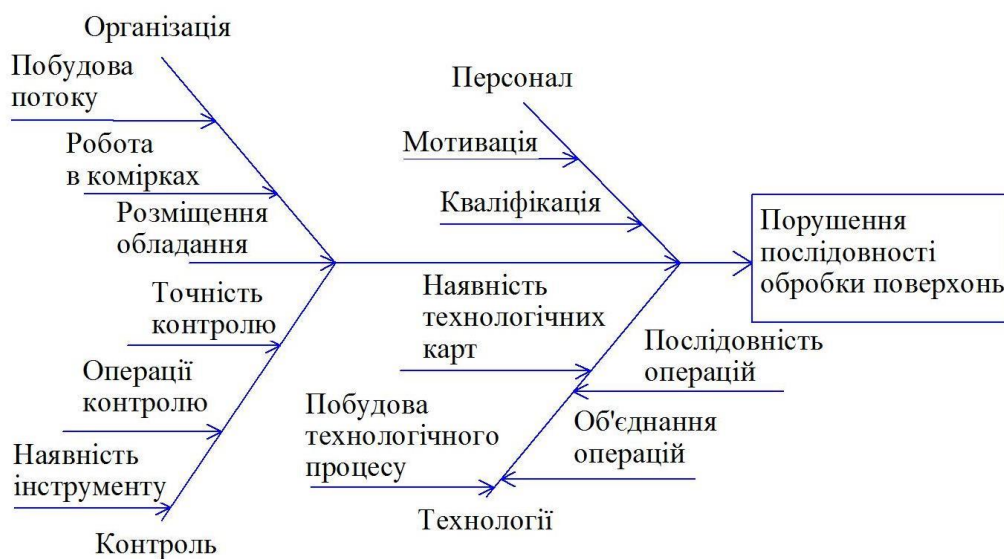


Рисунок 4.6 Діаграма Ісікави для визначення причин виникнення проблем «порушення послідовності обробки поверхонь»

Проаналізувавши причину «Персонал» дійшли висновку, що працівники мають достатній рівень кваліфікації, нових не досвідчених працівників в процесі виготовлення не задіявали. Отож кваліфікація персоналу не є причиною. Мотивація. Працівники не отримують штрафних санкцій за брак та їхня ефективність не залежить від кількості бракованої продукції. З цього випливає, що працівники не мають мотивації покращувати виробничий процес та знижувати кількість дефектів.

Причина «Контроль». Операції контролю здійснюються працівниками ВТК і ніяким чином не впливають на проблему. Точність пристроїв та їх різноманіття теж не впливає на проблему.

«Організація». Побудова потоку здійснена таким чином, що деталі на візках переміщуються від одного верстату до іншого хаотичним шляхом. Відсутня карта маршруту, нумерація обладнання, тощо. При обробці на двох чи більше верстатах розміщених один біля одного не налаштовується послідовна робота в комірках, деталі переміщуються групами.

«Технології». Відсутні технологічні карти, відсутнє маркування яке б дозволяла розуміти ступінь завершеності роботи над деталлю, тощо. Технологічний процес побудовано не раціонально з точки зору послідовності операцій. На приклад спершу на токарному верстаті обробляється перша половина валу, потім вона шліфується, тоді деталь повертається на токарний верстат і обробляється друга половина валу, потім деталь повертається на шліфувальний верстат і шліфується друга половина валу.

«Проаналізувавши причини виникнення дефекту для їх усунення запропоновано такі заходи:

- 1) Внести в систему мотивації працівників максимально допустиму кількість браку за який не накладаються штрафні санкції;
- 2) Перемістити типові обладнання для можливості організації роботи в комірках. На приклад круглошліфувальний верстат повинен розміщуватись біля токарно-гвинторізного та фрезерного щоб одразу після чистової обробки деталь можна було передати на шліфування;
- 3) Оптимізувати технологічний процес змінивши послідовність проведення операції;
- 4) Побудувати чітку карту переміщення деталі чи візка з деталями по дільниці з нумерацією постів (чи обладнання) та відміткою проходження кожної операції»[15].

4.4 Пошук першопричини та розробка коригувальних заходів. Побудова діаграми Ісікави для дефекту №4

Розглянемо дефект №4 «профіль шліців не відповідає КД». Для пошуку причини побудуємо діаграму Ісікави яка представлена на рисунку 4.7

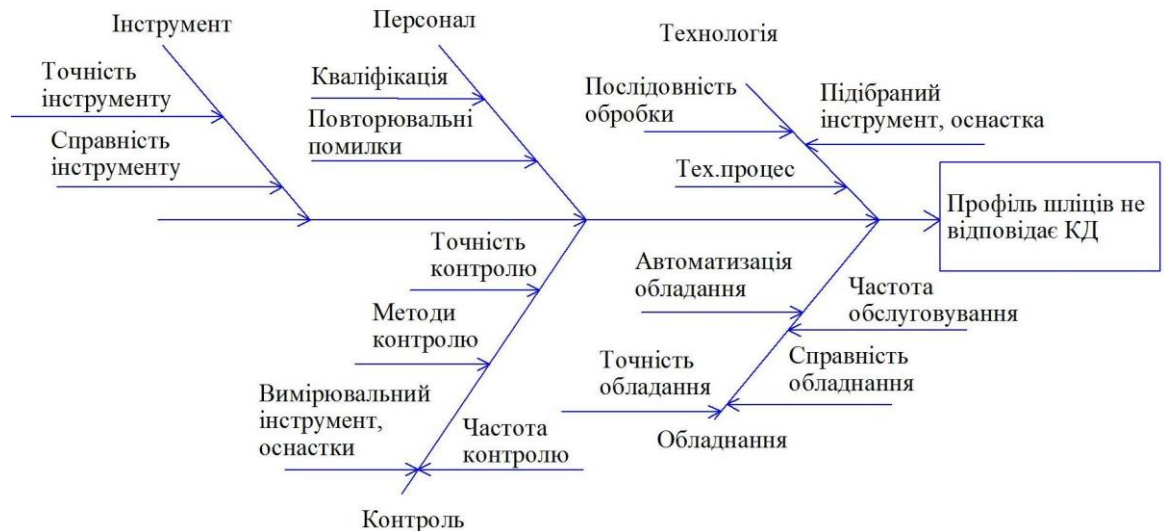


Рисунок 4.7 Діаграма Ісікави для визначення причин виникнення проблем «профіль шліців не відповідає КД»

Проаналізувавши причину «Технологія» дійшли до висновку, що послідовність обробки не впливає на утворення профілю шліців, технологічний процес будовано згідно загальних правил обробки шліців. Оснастка для затиску деталі (лещата) не забезпечують точне базування при зміні позиції. Різальний інструмент який застосовують при обробці забезпечує задані розміри.

При аналізі впливу обладнання виявили, що обране обладнання забезпечує задані умови, однак усі налаштування відбуваються вручну. Ступінь автоматизації обладнання є низьким. Для верстатів немає чіткого графіку обслуговування.

Контроль розмірів здійснюється на останній чистовій операції, що не дозволяє виявити відхилень які виникають значно раніше. Для контролю використовують стандартний інструмент (штангенциркуль, глибиномір), що не завжди дозволяє виявити відхилення.

Персонал є кваліфікованим та має достатні вміння та навички для роботи. Проаналізувавши помилки зрозуміли, що кількість помилок для усіх працівників що виконують дану операцію є ,приблизно, однаковою, тобто фактор людини не впливає на якість деталі.

Інструмент, що використовується при роботі забезпечує точність обробки, однак його обслуговування, заточування та заміна відбувається при його остаточному зношенні яке проявляється як неякісна обробка.

Виходячи з проведеного аналізу та висновків пропонуються такі заходи:

1) Модернізувати оснастку для затиску деталі, додати лиски для точного позиціонування;

2) Замінити шліцефрезерний верстат 5350В на більш автоматизований верстат з ЧПУ EM860;

3) Запровадити систему ТРМ для організації, планування та контролю обслуговування обладнання;

4) Запровадити систему контролю виконаної роботи працівниками. Впровадити інструкції самоконтролю для операторів;

5) Для контролю складних поверхонь розробити шаблони типу «спряжені поверхні», описати процес перевірки, розробити візуальний урок щодо перевірки та допусків відхилень;

6) Дослідним шляхом визначити час втрати стійкості інструменту, запровадити контроль за часом роботи інструменту та забезпечити вчасність його заміни (до моменту втрати стійкості).

Висновки. Вданому розділі за допомогою FMEA було визначено основні ризики які впливають на якість виготовлення деталі та процеси для яких необхідні коригувальні заходи. Використовуючи діаграму Парето було визначено найпоширеніші види дефектів що виникають в процесі механічної обробки та види дефектів, що призводять до найбільших втрат.

Для визначення та усунення причини виникнення основних дефектів було побудовано діаграми Ісікави та розроблено ряд заходів для зменшення кількості дефектів.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було здійснено важливе завдання – зменшено кількість дефектів, що виникають в процесі механічної обробки деталі «Вал».

В процесі роботи було проведено аналіз найпоширеніших світових впровадження систем управління якістю, обрано найбільш раціональні для процесів механічної обробки. Завдяки ризик-орієнтованому підходу вдалось визначити основні процеси де можуть виникати дефекти. Даний аналіз дозволяє попередити виникнення дефектів, підвищити якість виявлення дефектів.

Проведений аналіз видів технологічних переходів та етапів обробки показав, що обробка даної деталі проводиться раціонально і не потребує модернізації чи суттєвої зміни. Для кожної операції в маршрутній карті наведено обладнання, ріжучий та вимірювальний інструмент та пристосування.

Використовуючи діаграму Парето було визначено найпоширеніші види дефектів що виникають в процесі механічної обробки та види дефектів, що призводять до найбільших втрат. Для визначення та усунення причини виникнення основних дефектів було побудовано діаграми Ісікави та розроблено ряд заходів для зменшення кількості дефектів, а саме:

Для дефекту «порушення послідовності обробки поверхонь»:

1) Внести в систему мотивації працівників максимально допустиму кількість браку за який не накладаються штрафні санкції;

2) Перемістити типове обладнання для можливості організації роботи в комірках. На приклад круглошліфувальний верстат повинен розміщуватись біля токарно-гвинторізного та фрезерного щоб одразу після чистової обробки деталей можна було передати на шліфування;

3) Оптимізувати технологічний процес змінивши послідовність проведення операції;

4) Побудувати чітку карту переміщення деталі чи візка з деталями по дільниці з нумерацією постів (чи обладнання) та відміткою проходження кожної операції.

Для дефекту «профіль шліців не відповідає КД»:

1) Модернізувати оснастку для затиску деталі, додати лиски для точного позиціонування;

2) Замінити шліцефрезерний верстат 5350В на більш автоматизований верстат з ЧПУ EM860;

3) Запровадити систему ТРМ для організації, планування та контролю обслуговування обладнання;

4) Запровадити систему контролю виконаної роботи працівниками. Впровадити інструкції самоконтролю для операторів;

5) Для контролю складних поверхонь розробити шаблони типу «спряжені поверхні», описати процес перевірки, розробити візуальний урок щодо перевірки та допусків відхилень;

6) Дослідним шляхом визначити час втрати стійкості інструменту, запровадити контроль за часом роботи інструменту та забезпечити вчасність його заміни (до моменту втрати стійкості).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Управління якістю: методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти галузі знань 07 «Управління та адміністрування» спеціальності 073 «Менеджмент» / уклад. О. О. Крикун. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. – 48 с

2. Баєва О.І. Про еволюцію підходів до управління якістю. Управління якістю у фармації: матеріали XVI наук.-практ. конф., м. Харків, 20 травня 2022 р. Харків : НФаУ, 2022. С. 15–18.

3. Annual Report 2018 https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/about%20ISO/annual_reports/en/annual_report_2018_en.pdf (accessed 16.10.2019)

4. Impact of total quality management on corporate sustainability through the mediating effect of knowledge management. *Journal of Cleaner Production*, Volume 244, 20 January 2020, 118806

5. Zells, L. (2022). Applying Japanese total quality management to software project management. *PM Network*, 6(4), 32–35.

7. Umble E.J. (2019) Quality: The Implications of Deming's Approach. In: Swamidass P.M. (eds) *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*. Springer, Boston, MA.

8. Gökan MAY, Dimitris Kiritsis. Zero Defect Manufacturing Strategies and Platform for Smart Factories of Industry 4.0. In book: *Plant Innate Immunity* (pp.142-152), May 2019.

9. Озаровська, А. В. Японські «гуртки якості» як форма управління і контролю / А. В. Озаровська // *Професійний менеджмент у сучасних умовах розвитку ринку : матеріали VIII наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Харків, 1 листоп. 2019 р. – Харків, 2019. – С. 220-222.*

10. Моторин Р. М. Роль статистики у підготовці фахівців з дослідження даних (DataScience) // *Нові джерела та методи поширення даних у статистиці: мат. XVIII Міжнар. наук.-практ. конф. з нагоди Дня працівників статистики (04 грудня 2020, м. Київ). Київ: НАСОА, 2020. С. 103–106.*

11. Aulia Ishak et al 2019 Integration of Quality Function Deployment (QFD) and Value Engineering in Improving the Quality of Product: A Literature Review *AIP Conference Proceedings* 2217 (1) p. 158.

12. Shaymaa M M El-Awady. Overview of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Patient Safety Tool. Glob J Qual Saf Healthc. 2023 Feb 23;6(1):24–26. doi: 10.36401/JQSH-23-X2

13. Jia Huang, Jian-Xin You, Hu-Chen Liu, Ming-Shun Song . Failure mode and effect analysis improvement: A systematic literature review and future research agenda. Reliability Engineering & System Safety, Volume 199, July 2020, P.885.

14. Еколого-економічний ризик-менеджмент: логіко-графічні методи оцінювання ризику [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю.А. Веремійчук, Н.В. Караєва. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,63 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 48 с.

15. Станкевич І.В. Ділове адміністрування: Управління якістю: метод. рекомендації до виконання практич. робіт. Ч. II для студентів усіх форм навчання за спеціальністю «Менеджмент» / Станкевич І.В., Борисевич Є.Г., Тігарєва В.А. – Одеса, ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2018. – 37 с.