

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет комп'ютерних систем і автоматики
(повне найменування інституту)
Кафедра метрології та промислової автоматики
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітній ступень)

на тему: Метод оцінювання індексів відтворюваності та придатності
ключових процесів виробництва продукції

Виконав: студент 2 курсу, групи ІАП-
17М. спеціальності 152 – Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка
(освітня програма: інженерія якості
продукції)

(шифр і назва спеціальності)

Слободянюк О.С

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. Васілевський О.М

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент д.т.н., проф. Мартинюк Т.Б

(підпис)

Вінниця - 2019 року

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики

Кафедра метрології та промислової автоматики

Освітній ступень магістр

Спеціальність 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

(освітня програма: інженерія якості продукції)

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МПА

_____ д.т.н., проф. Кучерук В.Ю.

“ _____ ” _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Слободянюк Олександра Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Метод оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції

керівник роботи д.т.н., проф. Васілевський О.М.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ _____ ” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи. Достовірність удосконаленого методу оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції складає 99,73%

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз сучасних методів оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції. Дослідження придатності комплексних процесів виробництва продукції. Дослідження параметрів якості оцінювання індексів відтворюваності та придатності на ключових процесах виробництва. Технологічний аудит розробки. Економічна частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Алгоритм уникнення дефектів. Концептуальна модель інформаційної технології для дослідження придатності процесу. Методика вимірювань індексів придатності та відтворюваності виробничих процесів на виробництві. Алгоритм відтворюваності виробничого процесу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	д.т.н., проф. Васілевський О.М		
2	д.т.н., проф. Васілевський О.М		
3	д.т.н., проф. Васілевський О.М		
4	д.т.н., проф. Васілевський О.М		
5	д.т.н., проф. Васілевський О.М		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасних методів оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції		
2	Дослідження придатності комплексних процесів виробництва продукції.		
3	Дослідження параметрів якості оцінювання індексів відтворюваності та придатності на ключових процесах виробництва.		
4	Технологічний аудит розробки.		
5	Економічна частина		

Студент _____
(підпис)Слободянюк О.С
(прізвище та ініціали)Керівник роботи _____ д.т.н., проф. Васілевський О.М
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
Вступ.....	7
1..... Аналіз сучасних методів оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції	9
1.1. Аналіз методів оцінювання індексів відтворюваності та придатності ...	9
1.2. Стандарт ISO 9000	10
1.3. Основні положення показників відтворюваності процесу.....	10
1.4. Використання індексу відтворюваності процесу	13
1.5. Основні положення показників придатності процесу.....	14
1.6. Використання індексу придатності процесу	15
1.7. Призначення показників можливостей.....	15
1.8. Оцінка стабільності процесу	20
2. Дослідження придатності комплексних процесів виробництва продукції	20
2.1. Методи забезпечення якості продукції та статистичний контроль з урахуванням вимог міжнародних стандартів.....	21
2.1.1. Стандартизація продукції.....	21
2.2. Міжнародні стандарти ІСО серії 9000.....	23
2.2.1. Галузеві стандарти	24
2.2.2. Сертифікація продукції	25
2.2.3. Державний нагляд за якістю	30
2.2.4. Господарюючі суб'єкти.....	30
2.2.5. Внутрішньовиробничий технічний контроль.....	31
2.2.6. Статичний контроль	34
2.3. Процеси вимірювань індексів придатності та відтворюваності виробничих процесів на виробництві	36
2.4. Основні принципи забезпечення оцінки якості вимірювань	38
2.5. Принципи дослідження придатності та відтворюваності виробничого процесу та його граничні значення	41
2.5.1. Невизначеність процесів вимірювань	40

2.5.2. Межі відтворюваності та придатності для вимірювальної системи та процесів вимірювань	41
2.5.3. Фактори, що впливають на процес вимірювань	42
2.5.4. Визначення придатності процесу для невизначеної моделі розподілу	42
2.5.5. Визначення параметрів дослідження придатності процесу	45
3. Дослідження параметрів якості оцінювання індексів відтворюваності та придатності на ключових процесах виробництва	48
3.1. Застосування інформаційної технології для дослідження придатності процесу	62
3.2. Параметри відтворюваності та придатності виробничого процесу	64
4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ РОЗРОБКИ	76
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу нової методики дослідження параметрів якості	76
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	80
5.1 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної (дослідно-конструкторської) роботи	80
5.1.1. Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою:	80
5.1.2. Витрати на основну заробітну плату робітників	80
5.1.3. Додаткова заробітна плата розробників та робітників, які приймали участь в розробці обладнання	82
5.1.4. Нарахування на заробітну плату розробників та робітників.	82
5.1.5. Амортизація обладнання, яке використовувалось для проведення розробки.	83
5.1.6. Оскільки для розроблювальної методики не потрібно витрачати матеріали, а необхідні лише комплектуючі, то витрати на матеріали дорівнюють нулю	84
5.1.7. Витрати на комплектуючі	85
5.1.8. Витрати на силову електроенергію	86
5.1.9. Інші витрати	86
5.1.10. Загальні витрати на проведення розробки обладнання.	86

5.1.11 Розрахунок загальних витрат на виконання даної МКР.....	87
5.1.12. Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів НДР.....	87
5.2. Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки.....	88
5.3. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	90
Висновок	93
Список літератури.....	94

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота на тему: „Метод оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції”

В магістерській кваліфікаційній роботі розглядаються методики дослідження параметрів якості оцінювання індексів відтворюваності та придатності на ключових процесах виробництва з використанням інформаційної технології для дослідження придатності процесу, як результату науково-технічної діяльності.

Ключові слова: Індеси відтворюваності та придатності, стандарти, продукція, якіст , методи.

ANNOTATION

Master's qualification work on the topic: “Method of index estimation reproducibility and suitability of key production processes ”

In the master's qualification work the methods of research of parameters of quality of estimation of indexes of reproducibility and suitability on the key processes of production with use of information technology for research of suitability of process as a result of scientific and technical activity are considered.

Keywords: Reproducibility and suitability indices, standards, products, quality, methods.

Вступ

Актуальність теми. Метод оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції у сьогоdnішніх умовах – це головний чинник забезпечення конкурентоспроможності будь-якого підприємства. Досягнення належних методів та рівнів якості основа існування підприємства, організації його виробництва, відтворення, досягнення конкурентних переваг на ринку, основа його стійкого, повноцінного функціонування.

В умовах конкуренції для виробників має бути важлива не тільки ціна продукції або обслуговування, але також і витрати, які понесе споживач при використанні продукції (чи послуги). Тому метою будь-якого виробника має бути безперервне зменшення відхилень параметрів виробничого процесу (забезпечення стабільності виробничого процесу), а не тільки відповідність встановленим вимогам. Стратегія постійного удосконалення забезпечить скорочення витрат, пов'язаних з відмовами, і підвищить стійкість розвитку підприємства в умовах конкуренції. Крім того, зниження відхилень дозволить скоротити витрати на контроль або зменшити частоту вибіркового контролю. Кількісна оцінка відхилень дозволяє робити висновки про придатність та відповідність виробничого процесу встановленим вимогам. Для ідентифікації відхилень можуть бути використані такі методи, як складання блок-схеми та ідентифікація входів і виходів виробничого процесу, використання причинно-наслідкової діаграми, тощо.

До проблем підвищення методу оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції не випадкова, це закономірно для сучасного розвитку промислового виробництва і суспільства в цілому в умовах науково-технічного прогресу, які віддзеркалюють як позитивні, так і негативні моменти, зокрема, вичерпність енергетичних та сировинних ресурсів. Підвищення вимог до охорони навколишнього середовища, необхідність

підвищення ефективності товарного виробництва, його якості, змушують суспільство знаходити шляхи забезпечення високого рівня життя в сучасних умовах.

Проаналізувавши сьогоднішній стан підприємств, вважаю, що тільки вкладення інвестицій у забезпечення високої якості продукції є основним чинником досягнення ними конкурентоспроможності і управління якістю промислових підприємств сьогодні є нагальним і актуальним питанням. Саме це пояснює актуальність і визначило вибір теми дипломної роботи.

Метою роботи є розробка пропозицій з удосконалення методу оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції.

Предметом дослідження є методи оцінювання індексів відтворюваності та придатності.

Об'єктом дослідження є ключові процеси виробництва продукції.

1. Аналіз сучасних методів оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції

Існує багато стандартів, які відносяться до оцінки індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції. Але всі вони припускають, що процес знаходиться в стані статичного керування, а відповідна характеристика якості підпорядковується стаціонарному нормальному розподілу. Аналіз виробничих процесів показує, що процеси дуже рідко мають нормальний розподіл і стаціонарний стан. Справжній стандарт дозволяє оцінити індекси відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва для великої групи процесів, у якій перші та другі моменти розподілу постійні або змінюються монотонно, або випадковим образом.

1.1. Аналіз методів оцінювання індексів відтворюваності та придатності

Аналіз методів оцінювання індексів відтворюваності та придатності ключових процесів виробництва продукції може бути проведений для дуже різних розподілів, які змінюються в часі.

Цей стандарт ISO 9000 встановлює процедуру визначення статистик, використовуваних для оцінки характеристик якості процесу і продукції. Для результатів спостережень розглянуто вісім можливих моделей розподілів. Наведено формули обчислення статистик для кожної моделі розподілу.

Процедури визначення статистик поширюються тільки на безперервні характеристики якості. Стандарт ISO 9000 застосовний до будь-яких процесів в сфері економіки або виробничих процесів.

Статистики відтворюваності і придатності процесу зазвичай застосовують при наявності великої кількості даних спостережень, але вони можуть бути використані і при наявності невеликої кількості результатів вимірювань характеристик процесу.

1.2. Стандарт ISO 9000

У цьому стандарті використано нормативна посилання на такий стандарт ISO 9000: 2015 Системи управління якістю. Основні принципи та словник.

У цьому стандарті використано терміни по ISO 9000, а також такі терміни та визначення:

- характеристика якості: Властива продукції, процесу або системи характеристика, що відноситься до вимоги.

Призначені характеристики продукції, процесу або системи (наприклад, ціна або власник продукції) не є характеристикою якості продукції, процесу або системи.

- розподіл характеристики: Розподіл ймовірностей спостерігається характеристики, що описує її розподіл усіх поведінку.

Важливо знати вид розподілу до прогнозування або оцінки показників відтворюваності процесу, показників його функціонування (придатності) , індексів або долі невідповідних одиниць продукції.

- вид розподілу: Група розподілу , маючи спільні параметри, повністю визначає дану групу розподілу.

Показник придатності процесу: Статистичний показник вихідний характеристики процесу, який використовується для опису процесу, перебування якого в стані статистичної керованості не підтверджено.

В даний час визначено шість різних видів придатності і відтворюваності процесу:

- придатність машини;

- придатність процесу;
- відтворюваність процесу;
- придатність вимірювального обладнання;
- параметр попоження придатності-придатність багатовимірних характеристик;
- придатність альтернативних даних

Перші три типу аналізу індексу відтворюваності з наведеного списку належить до однієї групи. Головне відмінності між ними стоїть в виборі точки формування основи перевірки и таким чином , основи розрахунку стандартного відхилення.

Аналіз виробничого обладнання також називають аналізом «придатності машини». Його розробляють для отримання попередньої оцінки індекса придатності процесу в вигляді «фото» процесу. Аналіз також може бути використаний для визначення моделі розподілу, відповідної функціонуваного процесу і індексу придатності обладнання. Метод може бути використаний для порівняння і оцінки здатності різного обладнання , використаного в процесі, задовольняють встановлених вимог. При аналізі не використовують контрольні карти, оскільки для цього необхідний довготривалий період стеження. Для подальшої інформації про аналіз придатності обладнання.

Аналіз індексу придатності і відтворюваності процесу аналогічні і являються перевіркою області природних змін процесу в заданий період часу. Придатність і відтворюваність процесу описують розподілом досліджувальної характеристики на протязі довгого часу. Вони дозволяють оцінити можливості процесу по виготовленній продукції, відповідності до встановлених вимог або допусків.

Спочатку перевіряють новий або змінений процес по відношенню до початкового процесу. Це дозволяє отримати попередню інформацію про якість функціонування процесу. На цій початковій перевірці дані вибірки

відображають на контрольній карті, використовуюваної до отримання результату.

У деяких випадках це початкове дослідження може замінити аналіз придатності обладнання. З порівнянням з цим аналізом початкова перевірка процесу має перевагу, забезпечуючи оцінку стабільності процесу в довготривалій перспективі.

Якщо зібрані дані є результатами вимірювання (для продукції або для процесу), можливе визначення природної області зміни процесу. Якщо процес знаходиться в стані статистичного управління, відповідна частка розподілу повинна бути передбачувальна.

Якщо це так і розподіл є нормальним, можна описати його дисперсію за допомогою стандартного відхилення, обчислювального на основі розподілу процесу, помноженого на шість.

Якщо спостереження за процесом будуть відповідати нормальному розподілу, то в них розкид охоплює 99,73% сукупності.

Якщо розподіл не є нормальним, для оцінки розкиду необхідно використовувати одну формулу. Для подальшої інформації про аналіз індексів придатності і відтворюваності процесу.

1.3. Основні положення показників відтворюваності процесу

Показник відтворюваності процесу — міра власної мінливості процесу. Мінливість, притаманна процесу, коли він перебуває у стані статистичної керованості, є власною мінливістю процесу. Вона характеризує мінливість, що залишається після усунення всіх відомих причин. Якщо при цьому контроль Процесу здійснюють з використанням контрольної карти, то контрольна карта показує, що процес знаходиться в керованому стані.

Відтворюваність процесу часто оцінюють за часткою продукції, характеристика якої знаходиться в межах меж поля допуску. Так як процес в

статистично керованому стані може бути описаний прогнозованим розподілом, може бути оцінена частка продукції, характеристика якої виходить за межі поля допуску.

Дії з управління процесом, спрямовані на зменшення мінливості, викликані частковими причинами, дозволяють поліпшити відповідність процесу встановленим вимогам.

Для аналізу відтворюваності необхідно:

- a) визначити процес і умови його експлуатації. При зміні цих умов необхідно провести нові дослідження процесу;
- b) визначити оцінки параметрів короткострокової і довгострокової мінливості у вигляді частки загальної мінливості і мінімізувати їхні;
- c) підтримувати стабільність процесу і забезпечувати його статистичну керованість;
- d) визначити оцінку залишилася власної мінливості процесу;
- e) вибрати відповідний параметр відтворюваності процесу.

При аналізі відтворюваності процесу необхідно виконувати наступні вимоги:

- a) повинні бути встановлені всі вимоги виробничого середовища (наприклад, вимоги по температурі і вологості);
- b) повинні бути встановлені вимоги до невизначеності результатів вимірювань;
- c) має бути забезпечена можливість аналізу багатofакторних, багаторівневих аспектів процесу;
- d) повинна бути встановлена і зареєстрована тривалість збору даних;
- e) повинні бути встановлені періодичність відбору вибірки, а також дата початку і кінця збору даних;
- f) при управлінні процесом повинна бути використана контрольна карта;

g) процес повинен знаходитися в стані статистичної керованості.

Необхідно перевірити контрольну карту, дані якої були використані для статистичного контролю, та гістограму даних з усіма встановленими кордонами, нанесеними на неї. Необхідно перевірити нормальність розподілу за допомогою валідованого критерію.

Повинні бути знайдені пояснення аномалій даних і виконані відповідні дії з даними до обчислення досліджуваного показника. Виняток даних, що виділяються щодо інших, без їх аналізу, є неприйнятним. Такі відхилення можуть нести інформацію про свій стан процесу і повинні бути досліджені.

Відтворюваність процесу є статистичною мірою власної мінливості процесу для досліджуваної характеристики. Зазвичай метод використовує опорний інтервал, що включає 99,73% значень характеристики процесу, що перебуває у стані статистичної керованості, межі якого відсікають 0,135 % спостережень з кожного боку розподілу. Цей інтервал застосовують, навіть якщо розподіл значень спостережуваної характеристики не є нормальним. Для нормального розподілу довжина опорного інтервалу становить шість стандартних відхилень.

При дослідженні особливих джерел мінливості процесу, таких як багатопотоковий верстат (наприклад, формувальний процес з декількома одночасно заповнюваними формами), розподіл значень характеристики процесу може бути приблизно нормальним, але з більшою мінливістю. Важливо встановити, як обчислено стандартне відхилення, а також стратегію відбору вибірки, обсяг вибірки та кількість продукції, виготовленої між відбором вибірок, оскільки усе це впливає на достовірність оцінки відтворюваності процесу.

При аналізі відтворюваності зазвичай використовують дані, наведені на контрольній карті.

Особливості контрольної карти повинні бути вказані при аналізі відтворюваності процесу.

Навіть якщо процес можна вважати відтворюваним, але мода розподілу процесу зміщена щодо меж поля допуску, можуть з'явитися значення (точки) за межами поля допуску. Тому крім інтервалу мінливості процесу необхідно визначити оцінку параметра ста ну розподілу процесу. Більш детально методи оцінки відтворюваності наведені в ДСТУ ISO 22514-2:2016. Методи оцінки відтворюваності для багатовимірних показників наведені в ДСТУ ISO 22514-2:2016.

1.4. Використання індексу відтворюваності процесу

Використання індексу відтворюваності процесу дозволяє охарактеризувати стан процесу. Існує кілька індексів.

Часто використовуваний Індекс відтворюваності процесу являє собою відношення розності меж поля допуску до ліній опорного інтервалу. Його позначають C_p .

Існують інші індекси, що характеризують як стан, так і мінливість процесу. Якщо цей індекс менше заданої величини, то вважають, що в процесі виготовлення занадто велика частка одиниць продукції має значення характеристики, що виходять за межі поля допуску.

Індекс C_{pk} дорівнює відношенню різниці границь поля допуску і параметра положення процесу до різниці відповідної природної межі значень процесу і параметри стану процесу.

Як правило, індекс C_{pk} має менше значення, ніж C_p і C_{pkL} . Ці індекси надають інформацію про те, наскільки щільно згруповані значення характеристики навколо центральної лінії і можуть бути порушені вимоги специфікації. Навіть якщо індекс C_p приймає досить високе значення, низьке значення індексу C_{pk} показує, що процес слабо сконцентрований навколо

центральної лінії і ймовірність появи значень характеристики, що виходять за межі встановлених вимог, висока.

1.5. Основні положення показників придатності процесу

Придатність процесу характеризує досягнутий розподіл результатів. Важлива відмінність між придатністю і відтворюваністю процесу полягає в тому, що аналіз придатності процесу виконують для процесів, стан статистичної керованості яких не встановлено. При аналізі придатності процесу:

- a) повинні бути встановлені всі технічні умови, в тому числі вимоги виробничого середовища, наприклад, вимоги по температурі і вологості;
- b) повинні бути встановлені вимоги до невизначеності результатів вимірювань;
- c) повинна бути забезпечена можливість аналізу багатofакторних і багаторівневих аспектів процесу;
- d) дані повинні бути зібрані протягом встановленого періоду часу і зареєстровані;
- e) частота відбору вибірки, а також час початку і кінця збору даних має відповідати встановленим.

Процес може не перебувати в стані статистичної керованості, зокрема, отримані раніше дані можуть бути використані для аналізу придатності процесу. Методи оцінки придатності процесів в більш складних ситуаціях наведені в ДСТУ ISO 22514-2:2016

1.6. Використання індексу придатності процесу

Індекси придатності процесу позначають P_p , P_{pk1} і P_{pk1} відповідно.

Якщо спостережувані значення підпорядковуються нормальному розподілу, довжина опорного інтервала дорівнює 6σ , де σ — загальне стандартне відхилення. Тому індекс P_p може бути представлений у вигляді.

Для визначення оцінки індексу P_p необхідно отримати оцінку $\hat{\sigma}$ загального стандартного відхилення (σ). На практиці $\hat{\sigma}$ являє собою оцінку стандартного відхилення по всій сукупності даних.

1.7. Призначення показників можливостей

Показники можливостей використовують для наступних цілей:

- a) предконтрактний аналіз потенційних можливостей постачальника задовольняти вимоги споживача
- b) встановлення в контрактах (договорах на поставку) вимог до процесів;
- c) планування якості продукції, що розробляється;
- d) приймання процесів на основі досвідчених партій;
- e) атестація процесів;
- f) планування приймального контролю;
- g) планування безперервного поліпшення процесів;
- h) аудити другою стороною і внутрішні аудити процесів.

Крім того, можливе застосування інших показників можливостей внутрішніх цілей організацій. У разі контрактних відносин вид показників можливостей і методи їх розрахунку слід узгодити між зацікавленими сторонами.

Використовують такі індекси можливостей:

- a) Cp-Індекс відтворюваності процесу, що оцінює можливості задовольняти технічний допуск без урахування положення середнього значення і застосований для стабільних по розкиду процесів;
- b) Cpk-Індекс відтворюваності процесу, що оцінює можливості задовольняти технічний допуск з урахуванням фактичного положення середнього значення і застосовується для стабільних і по розкиду і по налаштуванню процесів;
- c) Pp-індекс придатності процесу задовольняти технічний допуск без урахування положення середнього значення, застосований для процесів, стабільність яких по розкиду не підтверджена;
- d) Ppk — індекс придатності процесу задовольняти технічний допуск із урахуванням положення середнього значення, що застосовується для процесів, стабільність яких по розкиду не підтверджена;

Показники можливостей характеризують потенційні і фактичні можливості процесу задовольняти встановленим технічним допускам для значень вихідного показника якості, вимірюваного за кількісною ознакою. Для застосування показників можливостей повинні бути виконані наступні умови:

- 1) індивідуальні значення показників якості окремих одиниць продукції повинні підкорятися нормального закону розподілу або близькому до нього;
 - a. попередньо повинна бути проведена оцінка стабільності процесу по ДСТУ ISO 7870-2:2016;
 - b. мінливість результатів вимірювань, обумовлена вимірювальною системою, а не тільки похибкою вимірювальних приладів, повинна бути малою порівняно з технічним допускам (обслуговуючий персонал повинен ясно розуміти поведінку процесу і його

мінливість, що виникає під впливом звичайних та особливих причин. У науково-технічній літературі іноді замість терміна «мінливість» застосовують еквівалентний термін «варіабельність»).

Показники, які застосовуються для оцінки можливостей стабільного процесу, називають індексами відтворюваності процесу C_p і C_{pk} .

Показники, які застосовуються для оцінки можливостей процесів, стабільність яких не підтверджена, називають індексами придатності процесу P_p і P_{pk} .

Потенційні можливості процесів в припущенні, що середнє процесу налаштоване або може бути налаштоване на центр поля допуску, оцінюють за допомогою індексів C_p і (або) P_p .

Якщо середнє процесу відмінно або може бути відмінно від центру поля допуску, то додатково для аналізу процесів слід застосовувати індекси C_{pk} і (або) P_{pk} .

Жоден Індекс окремо не застосовується до всіх процесів і жоден конкретний процес не можна повністю описати одним індексом. Висновки, зроблені на підставі розрахунків індексів, повинні бути узгоджені з результатами інших досліджень і аналізом стабільності процесів з використанням контрольних карт Шухарта по ДСТУ ISO 7870-2:2016.

Індекси відтворюваності стабільних процесів дозволяють зробити оцінку і (або) прогноз рівня невідповідностей продукції на виході процесу.

Зв'язок між очікуваними рівнями невідповідностей у продукції і значеннями індексів відтворюваності процесів у припущенні нормального розподілу індивідуальних значень показників якості окремих одиниць продукції встановлена в стандарті ДСТУ ISO 7870-2:2016. Статистичний метод. Показники можливостей процесів. Основні методи розрахунку.

Показники можливостей процесів застосовують для внутрішніх цілей організації, спрямованих на поліпшення якості, а також контрактних ситуаціях.

При застосуванні показників можливостей процесів в контрактних ситуаціях слід використовувати вимоги до них споживача, якщо вони встановлені.

При застосуванні показників можливостей процесів для постійного поліпшення якості слід встановлювати цільові значення показників і знижувати мінливість процесу шляхом зниження впливу особливих і звичайних причин.

1.8. Оцінка стабільності процесу

Стабільність процесів слід оцінювати на основі вибірок з використанням контрольних карт Шухарта по ДСТУ ISO 7870-2:2016. У тих випадках, коли обсяг окремої вибірки з процесу не може бути більше однієї одиниці продукції, слід використовувати для оцінки стабільності контрольні карти індивідуальних значень і ковзних розмахів. У тих випадках, коли обсяг окремої вибірки з процесу може бути більше однієї одиниці продукції, можна використовувати контрольні карти середніх і розмахів, або контрольні карти середніх і вибіркового стандартного відхилення. Використання (x-s)-карт слід вважати кращим. Результатом оцінки стабільності (у тому числі після дій, спрямованих на усунення впливу особливих причин) має бути одне з наступних станів процесу:

- a) стабільний і по розкиду і по положенню середнього арифметичного (стан а);
- b) стабільний по розкиду, але нестабільний по положенню середнього арифметичного (Стан б);
- c) нестабільний по розкиду (стан в).

Стан А характеризується відсутністю ознак особливих причин на картах індивідуальних значень і ковзних розмахів, середніх і розмахів, середніх і вибіркового стандартного відхилення.

Стан Б характеризується відсутністю ознак особливих причин відповідно на картах розмахів, ковзних розмахів, вибірових стандартних відхилень і наявністю таких ознак на картах індивідуальних значень і середніх.

Стан В характеризується наявністю ознак особливих причин на картах індивідуальних значень, ковзних розмахів і стандартних вибірових відхилень.

Слід постійно вживати необхідних заходів, спрямовані на досягнення і збереження стабільності характеристик процесу.

Власну і повну мінливість (варіабельність) процесу слід оцінювати поданим, які були використані для побудови контрольних карт Шухарта. Згадаймо, що власна мінливість процесу залежить від впливу тільки звичайних (загальних) причин варіацій. Власну мінливість процесу слід визначати для стабільних за поширення процесів в станах А і Б. Власну мінливість стабільного по розкиду процесу слід оцінювати вибіровим стандартним відхиленням в залежності від виду контрольної карти Шухарта по ДСТУ ISO 7870-2:2016. Повна мінливість процесу залежить від впливу як випадкових (звичайних), так і невідповідних (особливих) причин варіацій. Повну мінливість процесу слід визначати для процесів в станах Б і В. Повну мінливість процесу слід оцінювати також вибіровим стандартним відхиленням.

2. Дослідження придатності комплексних процесів виробництва продукції

Вся практична і теоретична діяльність у сфері якості продукції і послуг та ефективності виробництва, починаючи з якості розроблення нової продукції й якості технологічних процесів і закінчуючи якістю праці окремих працівників та колективів, базується на кількісних методах. Це зумовлює необхідність широкого розвитку науково обґрунтованих кількісних методів оцінювання рівня якості.

В середині 1960-х років вітчизняні спеціалісти виступили з пропозицією про об'єднання в рамках відповідної сфери наукової діяльності проблем, пов'язаних з кількісним оцінюванням рівня якості продукції. Вони запропонували назвати таку сферу діяльності кваліметрією (від лат. *qualis* — якість і гр. *metreo* — вимірюю). Цей термін знайшов активну підтримку і отримав визнання в широких колах інженерно-технічної громадськості.

В подальшому накопичений досвід і проведені дослідження дали змогу зробити ряд принципових висновків і насамперед сформулювати предмет кваліметрії, визначити коло завдань, які мають важливе значення для вирішення наукових проблем у сфері оцінювання якості продукції і практичного використання методів кваліметрії. В сучасному розумінні кваліметрія — це наука, яка вивчає кількісні методи оцінювання рівня якості, що використовуються для обґрунтування рішень, які приймаються при управлінні якістю. Під рівнем якості продукції розуміють відносну характеристику її якості, засновану на порівнянні характеристик показників якості оцінюваної продукції з її базовими характеристиками.

2.1. Методи забезпечення якості продукції та статистичний контроль з урахуванням вимог міжнародних стандартів

Сучасні умови господарювання вимагають від кожного підприємства запровадження і дотримання належного (дійового) комплексного механізму управління якістю продукції. Визначальними елементами цього специфічного менеджменту, що справляють найбільш істотний вплив на процес постійного забезпечення виробництва і постачання на ринок конкурентноспроможної продукції, є: стандартизація і сертифікація виробів; внутрішніх систем якості; державний нагляд за додержанням стандартів, норм і правил і відповідальність за їх порушення; внутрішньовиробничий технічний контроль якості.[22]

2.1.1. Стандартизація продукції

Під стандартизацією розуміють визначення і застосування єдиних правил з метою упорядкування діяльності у певній галузі. Стосовно продукції стандартизація охоплює:

- a) установлення вимог до якості готової продукції, а також сировини, матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих виробів;
- b) розвиток уніфікації і агрегування продукції як важливої умови спеціалізації і автоматизації виробництва;
- c) визначення норм, вимог і методів у галузі проектування та виготовлення продукції з метою забезпечення належної якості і недопущення невиправданої різноманітності видів і типорозмірів виробів однакового функціонального призначення;
- d) формування єдиної системи показників якості продукції, методів її випробування та контролю; забезпечення спільності термінів вимірювань і позначень;

- е) створення єдиних систем класифікації і кодування продукції, носіїв інформації, форм і методів організації виробництва;[22]

Стандартизація продукції здійснюється за певними принципами, основними з яких є:

- а) урахування рівня розвитку науки і техніки, екологічних вимог, економічної доцільності та ефективності виробництва для виготовлювача, користі та безпеки для споживачів і держави в цілому;
- б) гармонізація з міжнародними, регіональними, а у необхідних випадках – з національними стандартами інших країн;
- с) взаємозв'язок і узгодженість нормативних документів усіх рівнів; придатність останніх для сертифікації продукції;
- д) участь у розробці нормативних документів усіх зацікавлених сторін-розробників, виготовлювачів, споживачів, органів державної виконавчої влади;
- е) відкритість інформації щодо діючих стандартів та програм робіт по стандартизації з урахуванням чинного законодавства.[22]

Результати стандартизації знаходять відображення у спеціальній нормативно-технічній документації. Основними її видами є стандарти і технічні умови – документи, що містять обов'язкові для продуцентів норми якості виробу і засоби їх досягнення (набір показників якості, рівень кожного з них, методи і засоби вимірювання, випробувань, маркування, упаковки, транспортування і зберігання продукції). Застосовувана на підприємствах нормативно-технічна документація охоплює певні категорії стандартів, які відрізняються ступенем жорсткості вимог до виробів і сукупністю об'єктів стандартизації.[22]

Найбільш жорсткі вимоги щодо якості містяться у міжнародних стандартах, які розроблюються Міжнародною організацією стандартизації –

ISO і використовуються для сертифікації виробів, що експортуються у інші країни і реалізуються на світовому ринку. Нині існують міжнародні стандарти ISO серії 9000.

Державні стандарти України установлюються на:

1) вироби загальномашинобудівного застосування (підшипники, інструменти, деталі кріплення тощо);

2) продукцію міжгалузевого призначення;

3) продукцію для населення і народного господарства;

4) організаційно-методчні та загальнотехнічні об'єкти (науково-технічна термінологія, класифікація та кодування техніко-економічної та соціальної інформації, організація робіт по стандартизації і метрології, довідкові дані щодо властивостей матеріалів і речовин);

5) елементи народногосподарських об'єктів державного значення (транспорт, зв'язок, енергосистема, оборона, оточуюче природне середовище, банківсько-фінансова система тощо);

6) методи випробувань. Вони містять обов'язкові вимоги, котрі забезпечують безпеку продукції для життя, здоров'я та майна громадян, її сумісність і взаємозамінність, охорону.[22]

2.2. Міжнародні стандарти ISO серії 9000

Впровадження та функціонування сучасних систем управління якістю процесів, які ґрунтуються на засадах, перш за все, міжнародних стандартів ISO серії 9000, набуває все більшого поширення як один з визначальних чинників забезпечення високого рівня якості та конкурентоспроможності в сферах виробництва та їхньому економічному покращенні. Стандарти ISO серії 9000, що їх розробила Міжнародна організація із стандартизації, є найпоширенішими стандартами систем управління якістю (СУЯ). Сімейство стандартів є посібником з оформлення системи управління якістю, що

узгоджено в міжнародному масштабі. У них описується ефективна система якості, в якій усі процеси та дії контролюються та документуються.[22]

2.2.1. Галузеві стандарти

Їх розробляють на ту продукцію, на яку відсутні державні стандарти України, або у випадку необхідності встановлення вимог, що доповнюють чи перевищують останні в державних стандартах, а стандарти науково-технічних та інженерних товариств – на випадок потреби розповсюдження результатів фундаментальних і прикладних досліджень, одержаних в окремих галузях знань чи сферах професійних інтересів. Остання категорія нормативних документів може використовуватись на засадах добровільної згоди відповідних суб'єктів діяльності. Технічні вимоги містять вимоги, що регулюють відносини між постачальником (розробником, виготовлювачем) і споживачем (замовником) продукції. Вони регламентують норми і вимоги щодо якості тих видів продукції, для яких державні або галузеві стандарти не розробляються та які виготовляються на замовлення окремих підприємств, а також нових видів виробів на період їх освоєння виробництвом.[23]

Стандарти підприємств виокремлюють у самостійну категорію умовно (без правової основи). Вони розробляються підприємствами за власною ініціативою з метою конкретизації вимог до продукції і самого виробництва, що містяться звичайно у інших видах нормативно-технічної документації. Об'єктами стандартизації на підприємствах можуть бути окремі деталі, вузли, складальні одиниці, оснащення і інструмент власного виготовлення, певні норми у галузі проектування і продуктування виробів, організації та управління виробництвом тощо. Такі стандарти використовуються для створення внутрішньої системи управління якістю праці і продукції.[23]

Стандарти і технічні умови – це документи динамічного характеру. Вони повинні періодично переглядатись і уточнюватись з урахуванням інноваційних

процесів і нових вимог споживачів до вироблювальної або проектованої продукції. Сучасні напрямки удосконалення стандартизації зводяться до розробки державних і міжнародних стандартів не на кожний конкретний виріб, а групи однорідної продукції, а також включення до них обмеженої кількості показників, що характеризують найбільш суттєві якісні характеристики. Це дасть можливість істотно зменшити кількість одночасно функціонуючих стандартів, спростити їх зміст і удешевити весь процес стандартизації.[23]

2.2.2. Сертифікація продукції

В умовах розвитку зовнішньоекономічної діяльності підприємств найважливішим елементом виробничого менеджменту взагалі і системи управління якістю зокрема є сертифікація продукції. Кожний вид товарів, який те чи інше підприємство хоче вигідно продати на світовому ринку, повинен мати сертифікат – документ, що засвідчує високий рівень його якості, відповідність вимогам міжнародних стандартів ISO серії 9000. Набутий нашими підприємствами досвід зовнішньої комерційної діяльності показує, що так звана безсертифікатна продукція оцінюється на світовому ринку у 3-4 рази дешевше, тобто фактично реалізується за безцінь.[23]

В Україні прийнято розрізняти обов'язкову і добровільну сертифікацію. Обов'язкова сертифікація здійснюється виключно в межах державної системи управління господарюючими суб'єктами, охоплює у всіх випадках перевірку і випробування продукції з метою визначення її характеристик (показників) та подальший державний технічний нагляд за сертифікованими виробами. Добровільна сертифікація може проводитись на відповідність продукції вимогам, котрі не є обов'язковими, за ініціативою самих суб'єктів господарювання (тих або інших видів суспільної діяльності) на договірних засадах.[23]

Господарюючі суб'єкти (виготовлювачі, постачальники, виконавці та продавці продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації) повинні:

- a) у встановлених терміні і порядку проводити сертифікацію відповідних об'єктів;
- b) забезпечувати виготовлення продукції відповідно до вимог того нормативного документа, на узгодженість до якого вона сертифікована;
- c) припиняти реалізацію сертифікованої продукції, якщо виявлена її невідповідність вимогам певного нормативного документу або закінчився термін дії сертифікату.[22]

Організаційною основою сертифікації продуктованих підприємствами виробів слугує створювана мережа державних випробувальних центрів (ДВЦ) по найважливіших видах продукції виробничо-технічного і культурно-побутового призначення.

Упродовж останніх років почали формуватися міжнародні системи сертифікації. Координацією заходів по створенню таких систем займається спеціальний комітет по сертифікації – СЕРТИКО, що діє у складі ISO. Цим комітетом розроблені:

- a) правила і порядок здійснення сертифікації продукції;
- b) критерії акредитації випробувальних центрів (лабораторій);
- c) умови вступу до міжнародної системи сертифікації (наявність нормативно-технічної документації, що містить вимоги до сертифікованої продукції; високий рівень метрологічного забезпечення виробництва; функціонування спеціальної системи нагляду за діяльністю випробувальних центрів і якістю продукції).[23]

У ряді країн уже функціонують акредитовані у СЕРТИКО ISO і визнані світовим співтовариством випробувальні центри, що видають сертифікати на певні види продукції. Зокрема у США діє центр по випробуванню тракторів і

сільськогосподарських машин, у Франції – автомобілів, Чехії і Словаччині – електроустаткування та медичної техніки.

На початку 1993 року Україна стала членом ISO та Міжнародної електротехнічної комісії – ІЕС. Це дає їй право нарівні з 90 іншими країнами світу брати участь у діяльності більш ніж 1000 міжнародних робочих органів технічних комітетів по стандартизації і сертифікації та використовувати понад 12000 міжнародних стандартів.[23]

Для набуття максимально можливого зиску та іміджу надійного партнера на зовнішньому ринку підприємствам бажано створювати і сертифікувати також власні системи якості. Згідно з міжнародним стандартом ISO 8402 “Якість. Словник” система якості являє собою сукупність організаційної структури, відповідальності, процедур, процесів і ресурсів, що забезпечує здійснення загального керування якістю. Відповідний рівень такої системи підтримується сертифікатом, який видається підприємству на певний строк – один рік, два роки тощо. Правом видачі сертифікату на систему якості може володіти національний орган по сертифікації; у необхідних випадках йому надається можливість делегувати таку функцію акредитованій для цієї мети організації. Для оцінки системи якості та отримання сертифікату на неї дозволяється залучати будь-яку закордонну фірму, що займається сертифікацією. Вагомість сертифікату і рівень довіри до нього залежить від іміджу організації, яка видає такий документ.[23]

На підприємствах України аналогічні системи якості ще треба створювати. Вони повинні обов’язково передбачати комплексне управління якістю, що вимагає лише колективної діяльності і спільних зусиль. З огляду на це можна окреслити головні принципи (моменти) формування системи якості:

- a) підготовка усіх категорій кадрів найвищого професійного рівня (необхідну якість забезпечують люди, а не машини);
- b) безпосередня зацікавленість першого керівника та усього ешелону керівництва підприємства у повсякчасному розв’язанні проблем якості

продукції; підпорядкування поставленій меті організаційної якості продукції; підпорядкування поставленій меті організаційної структури системи (зокрема здійснюване нерідко на практиці сполучення посад заступника директора підприємства з питань якості та начальника відділу технічного контролю вкрай недоцільне, оскільки технічний контроль – це далеко не саме головне у системі);

- с) управління якістю продукції за участю усіх без винятку працівників підприємства (від директора до робітника); поточний розподіл відповідальності між підрозділами і їх керівниками; залучення робітників до повсякденної роботи у цьому напрямку через гуртки якості (за досвідом Японії, США) тощо.

При цьому дуже важливою і вкрай необхідною треба визнати активну політику підтримки підприємств у справі розробки, запровадження і сертифікації систем якості продукції.[23]

2.2.3. Державний нагляд за якістю

В Україні створена державна система стандартизації сертифікації. Національним органом, що проводить і координує роботу по забезпеченню її функціонування, є Державний комітет України по стандартизації, метрології та сертифікації (Держстандарт України). Для організації розробки, експертизи і підготовки до затвердження державних стандартів України за рішенням Держстандарту створені технічні комітети по стандартизації, що діють за договором з національним органом. До роботи в цих комітетах залучаються на добровільних засадах представники зацікавлених підприємств і організацій, провідні вчені та спеціалісти. Основними функціями держстандарту України стосовно сертифікаційних робіт є:

- 1) визначення принципів, структури і правил системи сертифікації;

- 2) затвердження переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації;
- 3) акредитація органів з сертифікації та випробувальних лабораторій (центрів), атестація експертів-аудиторів;
- 4) встановлення правил визнання сертифікатів інших країн;
- 5) інформаційне забезпечення споживачів через відповідні цілеспрямовані інформаційні фонди щодо стандартів різних категорій, сертифікатів, класифікаторів, техніко-економічної і соціальної інформації, випробувальних центрів тощо.[23]

В межах державної системи стандартизації і сертифікації в Україні функціонує державний нагляд за якістю, який здійснюють відповідні органи, має певні об'єкти і форми, а також передбачає конкретно визначену відповідальність суб'єктів підприємницької діяльності за порушення стандартів, норм (метрологічних, санітарних та інших обов'язкових вимог, які встановлюють гранично допустимі величини показників до продукції і конкретизації речовин, що гарантують якість) і правил (метрологічних, санітарних, екологічних, протипожежних, технологічних та інших вимог до виробництва продукції).[23]

Державний нагляд за додержанням стандартів, норм і правил здійснюють Держстандарт України та його територіальні органи – центри стандартизації, метрології та сертифікації. Причому перші керівники цих органів одночасно за посадою є головними державними інспекторами відповідно України, республіки Крим, областей і міст з нагляду за якістю продукції, а інші керівники і спеціалісти цих органів – державними інспекторами. Органи державного нагляду виконують багатоспрямовані функції, а саме: здійснюють перевірку додержання стандартів (норм і правил), узагальнюють її результати та інформують про це відповідні органи державної влади і громадськість; забезпечують оперативне вжиття заходів до припинення

порушень стандартів (норм і правил), вносять пропозиції щодо підвищення якості продукції та ефективності своєї діяльності.[23]

Державний нагляд проводиться за планами його органів або за зверненнями громадян у формі періодичної (постійної) перевірки додержання вимог нормативних документів чи шляхом проведення вибіркового (суспільного) контролю стабільності якості сертифікованої продукції, правил випробування виробів. Причому об'єктами державного нагляду слугують:

1) продукція виробничо-технічного призначення, товари народного споживання і продукти харчування – на відповідність стандартам, нормам і правилам;

2) експортна продукція – щодо стандартів (норм і правил) або окремих вимог, обумовлених договором (контрактом);

3) імпортна продукція – щодо діючих в Україні стандартів (норм, правил) стосовно безпеки для життя, здоров'я, майна людей і навколишнього середовища;

4) атестовані виробництва – на відповідність установленим вимогам до сертифікації продукції.[23]

2.2.4. Господарюючі суб'єкти

Господарюючі суб'єкти за порушення вимог стандартів (норм, правил) несуть матеріальну відповідальність у вигляді відсутних штрафів. Зокрема залежно від характеру порушення розмір штрафів становить:

- а) випуск продукції науково-технічного, виробничо-технічного і споживчого призначення, що не відповідає вимогам стандартів, або не пройшла обов'язкової сертифікації – 25%;
- б) реалізація підвищено небезпечної продукції без належного попереджувального маркування та відповідної інструкції щодо транспортування і експлуатації (споживання), а також імпортною

продукції, що не відповідає вимогам національних стандартів стосовно безпеки для життя, здоров'я й майна людей і навколишнього середовища – 50%;

- с) продаж продукції, забороненої до випуску органами державного нагляду, та виробів, котрі внаслідок порушення вимог стандартів стали небезпечними для життя (здоров'я) людей і навколишнього середовища – 100% від їх вартості.

При цьому варто зазначити, що сплата штрафів у відповідних розмірах не звільняє підприємців від обов'язків відшкодування збитків споживачам продукції, котрі виникли внаслідок порушення стандартів (норм, правил) або невиконання умов договору на поставку продукції. Суми штрафів у розмірі 60% зараховуються до державного бюджету і 30% - до позабюджетних фондів місцевих органів влади, а решта 10% відраховуються Держстандарту України для розвитку його матеріально-технічної та науково-дослідної бази.[23]

2.2.5. Внутрішньовиробничий технічний контроль

Серед існуючих і повсюдно застосовуваних методів забезпечення виробництва продукції чільне місце посідає внутрішньовиробничий технічний контроль якості. На підприємствах функції безпосереднього контролю якості складових частин і в цілому готових для споживання виробів виконують відділи технічного контролю (ВТК). Головне завдання технологічного контролю – постійно забезпечувати необхідний рівень якості, зафіксований в нормативних документах, шляхом безпосередньої перевірки кожного виробу і цілеспрямованого впливу на умови і чинники, що формують його. Успішне розв'язання цього завдання може бути здійснене за правильного вибору об'єктів і методів контролю якості. Об'єктами контролю мають бути усі компоненти виробничої системи та її взаємопов'язаних елементів, тобто вхід (ресурси), сам виробничий процес, вихід (продукція).[23]

Необхідність контролю ресурсів (матеріалів, енергії, знарядь праці, інформації, персоналу) на вході системи обумовлено тим, що їх якість у значній мірі визначає конкурентоспроможність готового продукту праці. Використання у виробничому процесі бодай частини ресурсів неналежної якості може призвести до непродуктивних витрат доброякісних ресурсів. Саме вхідний контроль ресурсів має попереджувати і не допускати витрат непродуктивного характеру. Об'єктами контролю на вході системи (підприємства) чи її (його) окремих виробничих блоків (цехів, дільниць) мають бути:

- 1) якість початкових основних і допоміжних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, комплектуючих виробів, окремих деталей і вузлів;
- 2) справність устаткування, пристроїв, робочого інструменту і контрольно-вимірювальних приладів, за допомогою котрих виготовляється продукція та визначається рівень її якості;
- 3) технічна документація, за якою здійснюється технологічний процес;
- 4) відповідність рівня кваліфікації персоналу вимогам, що забезпечують якісне виконання певної роботи.

Якість продукції визначальною мірою формується упродовж виробничого процесу. Це викликає необхідність ретельного контролю перебігу технології її виготовлення. Об'єктами контролю тут слугують повне дотримання виробничо-трудої дисципліни, технологічних режимів обробки та складання виробів. При цьому контрольні операції здійснюються стосовно не лише якості, але й кількості, оскільки порушення технологічної, виробничої і трудової дисципліни може спричинювати псування сировини, матеріалів, окремих деталей і навіть готових виробів, а позаяк невиконання завдань виробничої програми підприємства.[22]

Контроль на виході виробничої системи (підприємства і його підрозділів) має за основну мету попереджувати передачу бракованої продукції споживачу або на наступні технологічні фази (стадії) на тому ж підприємстві з

впливаючими з цього наслідками. Окрім того, такий контроль уможливорює визначення ступеню виконання виробничих завдань економічних результатів виробництва.

Рівень витрат на контроль якості та його загальна ефективність істотно залежить від обгрунтованого вибору і застосування тих або інших методів (видів) здійснення. Перелік можливих основних видів технологічного контролю якості на підприємствах подано у табл. 2.1.

Змістовна їх характеристика визначається переважно відповідними назвами. З перелічених видів технічного контролю найбільш ефективними виокремлюють:

- a) за впливом на перебіг технологічного процесу – активний; з
- b) а використовуваними засобами – автоматизований; за організаційною формою – статистичний.[23]

Активним є контроль якості безпосередньо у ході технологічного процесу виготовлення виробу та режимів його обробки за допомогою спеціальних контрольних технічних пристроїв, вмонтованих у технологічне устаткування (автоматичних індикаторів, вимірювальних головок, ізотопних індукційних та інших приладів). Застосування активного контролю дозволяє попереджувати появу та вихід з технологічного процесу напівфабрикатів і готових видів продукції.

Таблиця.2.1 Класифікація видів технічного контролю якості продукції на підприємстві

Ознаки класифікації	Основні види контролю
<ul style="list-style-type: none"> • Організаційна форма 	<ul style="list-style-type: none"> • Суцільний • Вибірковий • Статистичний • Летучий • Інспекційний

<ul style="list-style-type: none"> • Характер контрольних операцій 	<ul style="list-style-type: none"> • Візуальний • Геометричний • Лабораторний аналіз • Контрольно-здавальні випробування
<ul style="list-style-type: none"> • Стадія виробничого процесу 	<ul style="list-style-type: none"> • Вхідний (контроль ресурсів) • Проміжний (контроль процесу) • Вихідний (контроль продукції)
<ul style="list-style-type: none"> • Вплив на перебіг технологічного процесу 	<ul style="list-style-type: none"> • Активний • Пасивний
<ul style="list-style-type: none"> • Застосовувані засоби контролю 	<ul style="list-style-type: none"> • Автоматизований • Механізований • Ручний
<ul style="list-style-type: none"> • Місце здійснення 	<ul style="list-style-type: none"> • Стаціонарний • Змінний

За автоматизованого контролю перевірка якості здійснюється шляхом прямого застосування автоматичних пристроїв (включаючи промислові роботи) без участі людини як у ході технологічного процесу, так і після завершення обробки чи складання виробу. Такий метод контролю є одним з головних напрямків зменшення витрат на контрольні операції і підвищення їх ефективності особливо у безперервних та масових типах виробництва, де часто трудомісткість контролю якості перевищує витрати на виготовлення продукції в автоматичному режимі.[23]

2.2.6. Статичний контроль

Статистичний – це особливий науково обґрунтований вид (метод) вибіркового контролю, що ґрунтується на застосуванні теорії ймовірностей та математичній статистиці. Він дозволяє не лише фіксувати фактичний рівень якості масової продукції, але й активно впливати на перебіг технологічного

процесу, тобто забезпечувати його регулювання (управління). Основна його ідея зводиться до того, що в будь-якому сталому процесі, коли відсутні непередбачені відчутні збурення, фактичні показники якості окремих екземплярів продукції завжди матимуть незначні відхилення від середніх величин.[22]

Перевагою статистичного контролю є можливість керувати рівнем якості продукції за принципом саморегулювання кібернетичної системи із зворотним зв'язком. Проте йому властиві й недоліки, які не можна ігнорувати: по-перше, він має відносно вузьку сферу застосування (переважно масове виробництво); по-друге, вимагає порівняно великих коштів на збирання та обробку інформації. Здешевити ці процеси можна шляхом автоматизації збирання, обробки і аналізу необхідної для контролю інформації, створення гнучких автоматизованих виробництв за умови виправданого функціонування з огляду впливу інших чинників. З-поміж інших видів технічного контролю потребує пояснення хіба що летучий, інспекційний, стаціонарний і змінний. Летучим прийнято називати раптовий (без попередження) і швидкоплинний контроль якості виробів (роботи виконавців) на окремих ділянках виробництва. Інспекційним є запланований чи здійснюваний за критичними сигналами метод контролю переважно у вигляді державного або внутрішньовиробничого нагляду. Стаціонарний контроль здійснюється у спеціально обладнаних приміщеннях (лабораторіях) шляхом проведення відповідних випробувань, аналізів тощо, а змінний – на тих чи інших робочих місцях самим виконавцями або контрольними майстрами (контролерами) відділу технічного контролю підприємства.[22]

2.3. Процеси вимірювань індексів придатності та відтворюваності виробничих процесів на виробництві

Метою процесу вимірювань є визначення значення вимірюваної характеристики продукції або процесу. Індокси відтворюваності процесу вимірювань визначають на основі статистичних властивостей результатів вимірювань для стабільних процесів в стані статистичної керованості. Для процесів, стабільність яких не підтверджена, визначають індекси придатності.

Обчислення індексів відтворюваності та придатності виконують на основі результатів вимірювань. Невизначеність результатів вимірювань, що використовуються для розрахунку індексів відтворюваності та придатності, повинна бути оцінена до розрахунку індексів. Фактична невизначеність результатів вимірювань повинна бути досить невеликою.[22]

Якщо процес вимірювань використовують для оцінки відповідності характеристики встановленим вимогам, невизначеність процесу вимірювань слід порівнювати з установленими до неї вимог. Якщо процес вимірювань використовують для управління процесом, невизначеність слід зіставляти з мінливістю процесу. В обох випадках повинні бути встановлені межі прийнятності процесу.

Невизначеність процесу вимірювань робить істотний вплив на якість результатів вимірювань. Невизначеність визначають на основі статистичних властивостей повторних вимірювань або знань про процес вимірювань.

Методи, встановлені в цьому стандарті, використовують невизначеність виконання вимірювань. (Для отримання додаткової інформації про невизначеність виконання вимірювань ДСТУ EN ISO 1101:2018 статистичні методи. [22])

Відтворюваність процесів вимірювань корисна тільки в тому випадку, коли відомо, що невизначеність методу і встановлена у вимогах невизначеність невеликі порівняно з невизначеністю виконання вимірювань.

Справжній стандарт встановлює методи визначення та обчислення індексів відтворюваності для процесів вимірювань на основі оцінок невизначеності. В основі методів, використаних в цьому стандарті, є підхід ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018, Керівництво по вираженню невизначеності вимірювання.

У цьому стандарті встановлена процедура валідації вимірювальної системи і процесу вимірювань на відповідність встановленої метрологічної задачі з рекомендованим критерієм приймання. Критерій приймання визначений у вигляді індексу відтворюваності (ДСТУ ISO 22514-1:2016 , ISO 22514-1:2014) статистичні методи. Статистичні методи керування процесом. Потужність і функціонування. Частина 7. Потужність процесу вимірювання.[22]

Цей стандарт відповідає керівництву ISO/IEC Guide 98-3:2018, невизначеність вимірювання. Частина 3. Керівництво по вираженню невизначеності вимірювання і встановлює основні, спрощені процедури визначення та об'єднання компонентів невизначеності для оцінки індексів відтворюваності фактичного процесу вимірювань.

Справжній стандарт в першу чергу розроблений для простих одновимірних процесів вимірювань, для яких відомо, що невизначеність встановлених вимог невелика порівняно з невизначеністю вимірюваної характеристики. Стандарт також може бути використаний в схожих ситуаціях оцінки відтворюваності або придатності процесу вимірювань, але його не слід застосовувати в процесах складних геометричних вимірів, таких як вимірювання текстури, форми поверхні, орієнтації і положення об'єкта, для яких потрібно кілька точок вимірювань або одночасні вимірювання в декількох напрямках.[22]

2.4. Основні принципи забезпечення оцінки якості вимірювань

Метод, встановлений в цьому стандарті, охоплює значну частину оцінок невизначеності вимірювань, які застосовують на практиці. У деяких випадках, коли відсутні попередні умови, необхідні для застосування методу, встановленого у цьому стандарті (відсутність кореляції між величинами, відсутність факторів чутливості, наявність простої лінійної моделі), для оцінки невизначеності результатів вимірювань користувач повинен використовувати загальний метод у відповідності з керівництвом ISO/IEC Guide 98-3:2018.

Наведений у цьому стандарті метод відноситься до інтерпретації невизначеності вимірювань (див. також ISO/IEC 17025 розроблено Комітетом ISO з оцінювання відповідності (CASCO)). Тому перед застосуванням методу необхідно переконатися, що невизначеність методу вимірювань і невизначеність вимог невеликі порівняно з невизначеністю виконання вимірювань. Даний метод не слід використовувати для процесів виконання складних геометричних вимірів, таких як вимірювання текстури, форми, орієнтації і положення поверхні, для визначення яких потрібні результати вимірювань в декількох точках або одночасні вимірювання в декількох напрямках, або те й інше разом.[22]

Керівництвом ISO/IEC Guide 98-3:2018 допускає оцінку стандартної невизначеності будь-яким відповідним способом. Розрізняють оцінку невизначеності статистичними методами (тип А) і оцінку іншими методами (тип В). При визначенні оцінки сумарної стандартної невизначеності обидва типи оцінок можуть бути охарактеризовані квадратом стандартних невизначеностей і можуть бути оброблені одним і тим же зразком. Стандартні невизначеності можуть бути об'єднані для отримання сумарної стандартної невизначеності вимірювання. Цю оцінку невизначеності виконують відповідно до керівництва ISO/IEC Guide 98-3:2018 з використанням Закону поширення

невизначеності. Повний виклад цієї процедури і додаткових припущень, на яких вона заснована, наведено в керівництві ISO/IEC Guide 98-3:2018.[22]

Для оцінки вимірювальної системи або процесу вимірювань може бути використаний стандарт ДСТУ ISO 22514-7:2016 (ISO 22514-7:2012, IDT) Статистичні методи керування процесом. Потужність і функціонування. Частина 7. Потужність процесу Відтворюваність процесів вимірювань відтворюваності на основі сумарної стандартної невизначеності вимірювань і вимог.

Сумарне розширення невизначеності повинна бути істотно меншою, ніж невизначеність, встановлена у вимогах у вимірюваній характеристиці.

Якщо складові невизначеності на основі експерименту (оцінка типу А) не відповідають середньому значенню цих складових у фактичній невизначеності процесу вимірювань, то ці складові не можуть бути оцінені експериментально. У цьому випадку вони повинні бути оцінені за допомогою математичної моделі (оцінка типу; наприклад, постійна температура при проведенні досліджень вимірювальної лабораторії і нормальні температурні варіації в місці майбутнього застосування). Спеціаліст повинен глибоко знати використовувану модель вимірювань.[22]

Слід також відзначити, що висока придатність процесу, як правило, призводить до зниженої собівартості продукції, якщо врахувати витрати на рекламу, пов'язану з низькою якістю продукції, що випускається. Хоча досягнення високої якості продукції збільшує витрати виробництва, потрібно пам'ятати, що збитки, викликані низькою якістю, втрати частки ринку і тому подібні наслідки можуть набагато перевищити витрати на контроль якості.

2.5. Принципи дослідження придатності та відтворюваності виробничого процесу та його граничні значення

Індекси придатності C_p і C_{pk} визначають, наскільки добре результати процесу відповідають межам допуску певної характеристики. Значення C_p враховує дисперсію (розмах) процесу. Значення C_{pk} натомість враховує розташування процесу. Тому з одного боку, можемо сказати яке значення є можливим при ідеальному розташуванні процесу і, з іншого боку, порівняння цих двох значень робить дає можливість визначити наскільки розташування процесу відхиляється від заданих параметрів. Чим вищі значення отримуємо, тим кращий процес.[23]

2.5.1. Невизначеність процесів вимірювань

Невизначеність вимірювань ніколи не може бути менше невизначеності дозволу. Якщо розширена невизначеність, обчислена з урахуванням фактичного дозволу, більше встановленої у вимогах до процесу вимірювань, то вимірювальна система повинна бути поліпшена.

За замовчуванням, при використанні двосторонніх вимог дозвіл має бути менше $1/20$ інтервалу вимог, якщо постачальник і споживач не встановили інші вимоги.

За замовчуванням щоб використовувати вимірювальну систему у виробничому процесі із застосуванням методів SPC відповідно до двосторонніх вимог, дозвіл має бути менше $1/5$ мінливості процесу, якщо тільки постачальник і покупець не встановили інші вимоги.

При використанні стандартної вимірювальної системи слід визначити максимальну допустиму похибку досліджуваної системи. Для документування відповідності встановленим вимогам до певної метрологічної

характеристикою, заданим у вигляді однієї або декількох максимальних допустимих помилок, використовують калібрування.[22]

У цьому разі для розрахунку відтворюваності вимірювальної системи може бути використане значення або, якщо необхідно вимірювати кілька характеристик, об'єднаний результат значень замість застосування експериментального методу. Якщо в якості вимірювальної системи використана сукупність різного устаткування, може бути рекомендовано визначення. Якщо в процесі вимірювань використана тільки одна вимірювальна система, то краще використовувати експериментальний метод, оскільки в цьому випадку сумарна невизначеність зазвичай менше об'єднаної оцінки.[23]

2.5.2. Межі відтворюваності та придатності для вимірювальної системи та процесів вимірювань.

Якщо для конкретного процесу вимірювань визначена відповідна вимірювальна система, важливо встановити межу для її невизначеності вимірювань. В цьому випадку вибір вимірювальної системи є більш простим і для розглянутих задач вимірювань.

Наступний метод заснований на попередньому моделюванні деяких складових невизначеності, пов'язаних з процесом вимірювань, таких як неоднорідність об'єкта вимірювань, дозвіл і температура.

Як і будь-який процес, процес вимірювань знаходиться під впливом і випадкових, і систематичних джерел мінливості. Для оцінки і контролю мінливості процесу вимірювань необхідно ідентифікувати всі важливі джерела його мінливості і, якщо можливо, контролювати їх. Передбачається, що складовими невизначеності, що не перевищують 10% найбільшої складової невизначеності, можна знехтувати.[23]

2.5.3. Фактори, що впливають на процес вимірювань

У виробничій практиці дані про невизначеність зазвичай обмежені значенням невизначеності, виведеним на основі повторюваності процесу вимірювань на стандартному зразку чи об'єкті, типовому для розглянутого процесу, зазвичай званий робоча одиниця. Невизначеність, що є результатом будь-якого відхилення від лінійності, повинна бути навмисно скоригована до нуля або встановлена в специфікації виробника, наприклад, у термінах максимально допустимої похибки.

Для оцінки повторюваності і зміщення процесу вимірювань рекомендується використовувати відомий експеримент з оцінки повторюваності на стандартному зразку. На підставі цього експерименту можна оцінити індекс відтворюваності вимірів. Цей метод може бути розширений на використання декількох стандартних зразків, аналогічних або близьких за вимогами. В обох випадках вимірювальна система може бути скоригована за допомогою ідентифікованої систематичної похибки (похибок).

Визначити лінійність моделі вимірювальної системи можна за допомогою дослідження на основі не менше трьох стандартних зразків. Результат цього дослідження (функція регресії) може бути використаний для коригування результату вимірювань. Це забезпечує зниження невизначеності, пов'язаної з відхиленням кореляційної функції від лінійності.[22]

2.5.4. Визначення придатності процесу для невизначеної моделі розподілу

Якщо до виробничої характеристики якості не може бути підібрана жодна модель розподілу (рис. 0) або отримані результати значень суперечать передбачуваній моделі розподілу, тоді необхідно провести дослідження

індексів придатності за методом “ширини допуску”, в наступній модифікованій формі із врахуванням об’єму вибірки : [22]

показники придатності для характеристик з двосторонньою межею допуску (ВМД і НМД):

$$C_p = \frac{VMД - NMД}{\widehat{X}_{VMД} - \widehat{X}_{NMД}}, \quad (2.1)$$

$$C_{pk} = \min \left\{ C_{pL} = \frac{G_{VMД} - \widehat{X}_{50\%}}{\widehat{X}_{VMД} - \widehat{X}_{50\%}}; C_{pU} = \frac{\widehat{X}_{50\%} - G_{NMД}}{\widehat{X}_{50\%} - \widehat{X}_{NMД}} \right\}. \quad (2.2)$$

Показники придатності для характеристик із верхньою межею допуску та із та із звичайною нижньою “0” межею допуску:[22]

$$C_p = \frac{G_{VMД}}{\widehat{X}_{VMД} - \widehat{X}_{NMД}}, \quad (2.3)$$

$$C_{pk} = \frac{G_{VMД} - \widehat{X}_{50\%}}{\widehat{X}_{VMД} - \widehat{X}_{50\%}}. \quad (2.4)$$

Показники придатності для характеристик із нижньою межею допуску та із верхньою межею допуску “0”:

$$C_p = \frac{G_{NMД}}{\widehat{X}_{VMД} - \widehat{X}_{NMД}}, \quad (2.5)$$

$$C_{pL} = \frac{\widehat{X}_{50\%} - G_{NMД}}{\widehat{X}_{50\%} - \widehat{X}_{NMД}}. \quad (2.6)$$

де $\widehat{X}_{VMД} - \widehat{X}_{NMД}$ - значення ВМД і НМД,

$\widehat{X}_{50\%}$ - значення 50% квантиля.

Якщо значення 50% квантиля, то:

$$\hat{x}_{50\%} = \tilde{x}, \quad (2.7)$$

де \tilde{x} – значення медіани (розташоване в середині впорядкованої послідовності вимірювань). Звідси межі допуску обчислюємо за

$$\left. \begin{array}{l} \hat{x}_{\text{ВМД}} \\ \hat{x}_{\text{НМД}} \end{array} \right\} = x_c \pm k \cdot \frac{R}{2}, \quad (2.8)$$

$$\text{де } x_c = \frac{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}}{2},$$

$R = x_{\text{max}} - x_{\text{min}}$ - розмах,

$x_{\text{max}} - x_{\text{min}}$ - максимальне і мінімальне значення із загальної кількості зразків.[22]

Коригуючий множник k знаходимо з:

$$k = \frac{6}{d_n}, \quad (2.9)$$

де d_n – очікуване значення розподілу, яке обчислюється за:

$$d_n = 1,748 \cdot (\ln(n_g))^{0,693}. \quad (2.10)$$

Для деяких загальних кількостей випадкових зразків n_g очікуване значення розподілу d_n наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. – Очікуване значення розподілу для деяких загальних кількостей випадкових зразків n_g

n_g	d_n
30	4,09
35	4,21
40	4,32
45	4,42
50	4,50
60	4,65
70	4,77
80	4,87
100	5,04
125	5,21
150	5,34
200	5,55
250	5,71

Індекси відтворюваності і придатності залежать лише від характеристик точності і налаштувань виробничого обладнання, за допомогою яких визначається належність до рівня придатності технологічного процесу.

Під час контролю системи якості потрібно розрізняти придатність процесу та обладнання. Обладнання є окремим елементом виробничого процесу. У той же час процес включає в себе сукупність персоналу, устаткування, методів виконання технологічних операцій, а також навколишнього середовища.[23]

2.5.5. Визначення параметрів дослідження придатності процесу

Для визначення показників придатності виробничого процесу, необхідно забезпечити виконання наступних вимог, які стосуються граничних значень $C_{p;limit}$ і $C_{pk;limit}$. Для характеристик з двосторонньою межею допуску:

$$\hat{C}_p \geq C_{p;limit} \text{ і } \hat{C}_{pk} \geq C_{pk;limit} , \quad (2.11)$$

для характеристик із односторонньою межею допуску:

$$\hat{C}_{pk} \geq C_{pk;limit} , \quad (2.12)$$

та з загальною кількістю досліджуваних зразків $ng \geq 125$.

Якщо ці умови виконуються, застосовуються граничні значення придатності: $C_{pk;limit} = 1,33$; $C_{p;limit} = 1,33$. У випадку проведення дослідження з кількістю досліджуваних зразків меншою 125, встановлене граничне значення індексу придатності буде іншим. [22]

Встановлене граничне значення для числа випадкових зразків менше 125, пов'язано із дотриманням вимог для розкиду показників якості з ймовірністю 95 % (нижні межі довірчого інтервалу).

При припущенні що розкид значень належить до нормального розподілу, з стандартного відхилення верхньої межі довірчого інтервалу випливає, що:

$$\sigma_0 = \hat{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{124}{X_{5\%;124}^2}} , \quad (2.13)$$

і враховуючи що дисперсія отриманих значень належить до нормального закону розподілу формули (2.13) отримаємо:

$$\left. \begin{array}{l} \hat{x}_{99,86\%} \\ \hat{x}_{0,13\%} \end{array} \right\} = \hat{\mu} \pm u_{99,86\%} \cdot \left(1 + \frac{1}{2 \cdot 125}\right) \cdot \sqrt{\frac{124}{X_{5\%;124}^2}} \cdot \hat{\sigma} , \quad (2.14)$$

де $u_{99,86\%} = 3,0$ – квантиль стандартизованого нормального розподілу

$X_{5\%;124}^2 = 99,3$ – квантиль розподілу X^2 із ступенем свободи $f=124$.

Ціль дослідження придатності процесу є регулювання виробничого процесу для забезпечення якісної, бездефектної продукції. Дослідження придатності процесу – це оцінка відповідності процесу вимогам до якості

креслень, технічним вимогам, параметрам процесу, які використовують інформацію, отриману з допомогою статистичних методів. Результатом перевірки придатності процесу є рішення про остаточне встановлення контрольних заходів. [22]

На рисунку 2.1. зображено алгоритм для уникнення дефектів, який передбачає:

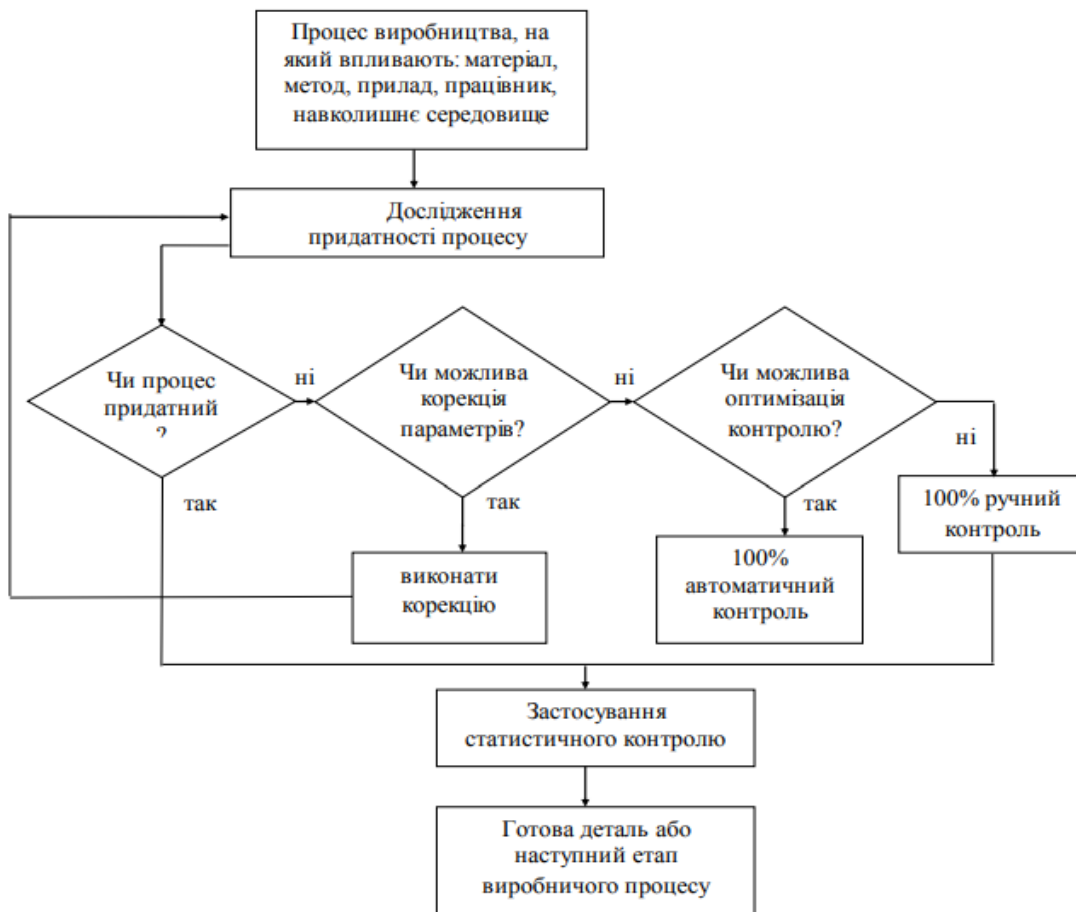


Рис 2.1.– Алгоритм уникнення дефектів

3. Дослідження параметрів якості оцінювання індексів відтворюваності та придатності на ключових процесах виробництва

Показник відтворюваності виробничого процесу – це міра власної зміни вихідної характеристики виробничого (технологічного) процесу, що знаходиться в стані статистичної керованості, яка дає змогу оцінити здатність процесу підтримувати вихідну характеристику виробничого процесу на рівні встановлених для неї вимог. Ця міра характеризує змінність, що залишається після усунення всіх відомих причин. Якщо при цьому контроль виробничого процесу здійснюють з використанням контрольної карти, то саме контрольна карта показує, що виробничий процес знаходиться в керованому стані [4,8].

Відтворюваність виробничого процесу часто оцінюють за часткою продукції, характеристика якої знаходиться в межах поля допуску. Так як виробничий процес в статистично керованому стані може бути описаний прогнозованим законом розподілу, то може бути оцінена частка продукції, характеристика якої виходить за межі поля допуску. Поки виробничий процес залишається в стані статистичної керованості, то продукція, що виготовляється має в середньому одну і ту ж частку ймовірності бракованої продукції (продукції, що не відповідає встановленим вимогам) [5].

Дії щодо управління виробничим процесом, які спрямовані на зменшення відхилень, викликаних випадковими причинами, дадуть змогу покращити відповідність виробничого процесу вимогам системи управління якістю [9]. Для цього необхідно: визначити характеристики виробничого процесу і умови експлуатації (якщо визначені умови змінюються, то необхідні нові дослідження характеристик виробничого процесу); оцінити параметри короткострокових та довгострокових відхилень у вигляді відсотків від повних змін і мінімізувати їх; підтримувати стабільність виробничого процесу і забезпечувати його ста- тистичну керованість; оцінити власну змінність

виробничого процесу, що залишається; вибрати необхідний параметр відтворюваності виробничого процесу.

При аналізі відтворюваності виробничого процесу потрібно:

- a) встановити всі вимоги виробничого середовища (наприклад, вимоги щодо температури і вологості) [10];
- b) встановити вимоги до невизначеності вимірювань [1, 11];
- c) забезпечити можливість аналізу багатофакторних, багаторівневих аспектів виробничого процесу;
- d) встановити і зареєструвати тривалість збирання даних;
- e) встановити періодичність створення вибірки, а також дату початку і кінця збирання даних [10];
- f) використовувати контрольну карту для управління виробничим процесом [6, 8];
- g) щоб виробничий процес був у стані статистичної керованості.

Також потрібно перевірити контрольну карту, дані якої були використані для статистичного контролю, і гістограму даних з усіма встановленими межами, нанесеними на неї. Крім цього, потрібно перевірити нормальність закону розподілу за допомогою валідованого критерію, наприклад, такого як критерій Андерсона-Дарлінга [12] або X^2 критерій [4]. Ці критерії ефективні для виявлення відхилень закону розподілу від нормальності на хвостах розподілу, оскільки саме ця область важлива при оцінюванні індексів придатності і відтворюваності виробничого процесу. Також повинні бути знайдені пояснення аномальним даним і вжиті відповідні дії з даними до обчислення досліджуваного параметра. Виключення даних, що виділяються щодо інших, є неприйнятним. Такі відхилення можуть бути дуже інформативними щодо властивостей виробничого процесу та мають бути досліджені.

Параметром відтворюваності виробничого процесу може бути величина, що характеризує одну або кілька властивостей розподілу вихідної характеристики в умовах відтворюваності виробничого процесу.[1]

Загальним параметром положення розподілів є середнє значення (математичне очікування) μ , але інколи використовують вибіркoву медіану $X_{50\%}$. Для нормального закону розподілу кращим параметром положення є медіана.

Кращим параметром, що характеризує власну змінність виробничого процесу є стандартне відхилення σ – показник відтворюваності виробничого процесу. Його рекомендовано оцінювати за середнім розмахом R , який отримується за контрольною картою, коли виробничий процес стабільний і знаходиться в стані статистичної керованості

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{K}}{d_2}, \quad (3.1)$$

де d_2 - константа, яка відповідає об'єму вибірки в підгрупі, її значення вибирається з таблиці 1 [3].

Якщо використовувати середнє стандартне відхилення для контролю відхилень в межах підгрупи, що визначається за даними контрольної карти, то власне стандартне відхилення виробничого процесу можна оцінити за формулою

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{c_2}, \quad (3.2)$$

де \bar{S} - середнє вибіркoве стандартне відхилення; c_2 - константа, яка відповідає об'єму вибірки в підгрупі (n), її значення вибирається з таблиці 1 [13].

Якщо для кожної підгрупи можна обчислити стандартне відхилення підгрупи, то рекомендується формула для оцінки власного стандартного

відхилення виробничого процесу, що дає більш точну оцінку, ніж формули (6) і (7), яка описується виразом

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m S_j^2}{m}}, \quad (3.3)$$

де S_j - вибіркове стандартне відхилення j -ої підгрупи; m – кількість підгруп з n спостереженнями в кожній підгрупі.[1]

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти контрольної карти для оцінки стандартного відхилення

Об'єм вибірки (n)	d_2	c_4
2	1,128	0,7979
3	1,693	0,8862
4	2,059	0,9213
5	2,326	0,9400
6	2,534	0,9515
7	2,704	0,9594
8	2,847	0,9650
9	2,970	0,9693
10	3,078	0,9727

Також необхідно розрізняти стандартне відхилення, що характеризує лише короткострокові зміни виробничого процесу, і стандартне відхилення, що характеризує довгострокові зміни виробничого процесу. Причому дані, що зібрані протягом тривалого періоду часу, мають більше значення стандартного відхилення за рахунок більш суттєвої зміни виробничого процесу. В цьому випадку для позначення стандартного відхилення рекомендується використовувати символ σ_t – загальне (повне) стандартне відхилення.

Якщо дані отримані при спостереженні за виробничим процесом, що не перебуває у стані статистичної керованості або якщо контрольні картки не використовувались, то для обчислення стандартного відхилення не слід використовувати формули (6) – (8), а необхідно застосовувати таку формулу

$$\hat{\sigma}_t = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}, \quad (3.4)$$

де N – загальний об’єм вибірки; x_i – i -те значення у вибірці; \bar{x} – середньоарифметичне значення.[4]

Рівняння (9) доцільно використовувати тоді, коли виробничий процес має зміни середнього значення, що викликані наявністю систематичної похибки [14], яка не може бути вилучена, і така змінність повинна бути врахована разом з випадковою змінністю. Цей параметр змінності також підходить для використання при обчисленні індексів придатності виробничого процесу.

При нормальному законі розподілі виробничого процесу в якості оцінки показника відтворюваності виробничого процесу можна використати вираз

$$\bar{x} \pm z_a \cdot \hat{\sigma}_t, \quad (3.5)$$

де $\bar{x} = \frac{1^m}{m_{j-1}}$, \bar{X}_t середньоарифметичне значення декількох вибірових середніх;

x_j - вибірове середнє j -ої підгрупи; z_a - квантиль нормованого нормального закону розподілу.[3]

Вибір значення z_a залежить від використовуваного значення показника відтворюваності виробничого процесу в одиницях продукції на один мільон. Як правило за присвоюють значення 3, 4 або 5. Якщо показник відтворюваності виробничого процесу відповідає встановленим вимогам, $z_a = 3$ означає наявність в середньому 2700 одиниць продукції на один мільон за межами вимог.

Аналогічно $z_a = 4$ означає наявність в середньому 64 одиниці продукції на один мільон, які не відповідають встановленим вимогам, а $z_a = 5$ означає в середньому 0,6 таких одиниць продукції на один мільон.[2]

Індексом відтворюваності виробничого процесу є точкові оцінки їх опорних (еталонних) значень. Використання індексу відтворюваності виробничого процесу дозволяє охарактеризувати стан виробничого процесу. Індекс відтворюваності виробничого процесу являє собою відношення різниці межі поля допуску до довжини опорного (еталонного) інтервалу

$$C_0 = \frac{U - L}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}}, \quad (3.5)$$

де L – нижня межа поля допуску; U – верхня межа поля допуску; $X_{0,135\%}$ - нижня межа опорного інтервалу, що визначена як квантиль розподілу на рівні 0,135%; $X_{99,865\%}$ - верхня межа опорного інтервалу, що визначена як квантиль розподілу на рівні 99,865%.

Для оцінки індексу відтворюваності виробничого процесу як правило [4, 5] використовується опорний інтервал $T = Y_2 - Y_1$, що включає 99,73% значень характеристики виробничого процесу, які знаходяться в стані статистичної керованості. При цьому відсікається 0,135% з кожного боку закону розподілу [4, 5]. Такий інтервал рекомендовано застосовувати навіть при не нормальному законі розподілу значень характеристики виробничого процесу [4]. Для нормального закону розподілу довжина опорного інтервалу становить шість стандартних відхилень [1,2,3].

Для оцінювання відтворюваності як правило використовують контрольні карти. Якщо на контрольній карті наведені лінії ослабленого контролю або змінені лінії контролю, то реальне стандартне відхилення процесу буде більше, ніж стандартне відхилення, отримане за даними контрольної карти із стандартними лініями контролю. Зазначені особливості впливають на опорний

інтервал, тому важливо, щоб стандартні лінії контролю були вказані (зафіксовані) при оцінюванні індексу відтворюваності виробничого процесу.

Відтворюваним є виробничий процес, у якого опорний інтервал T менший меж поля допуску (L, U) на певну величину, так як це зображено на рис.3.1.

Також міжнародними стандартами [1,3,4] рекомендовано використовувати і інші індекси, що характеризують як стан, так і змінність виробничого процесу, наприклад, індекс відтворюваності CP_k . Якщо цей індекс менший заданого значення, то можна вважати, що в процесі виготовлення існує велика ймовірність появи бракованої продукції, тобто характеристика виробничого процесу виходять за межі поля допуску (L, U) . [3]

Індекси відтворюваності CP_k можна визначати як відношення різниць меж поля допуску і параметра положення виробничого процесу до різниць відповідних дійсної межі значення виробничого процесу і параметра положення виробничого процесу:

$$C_{pkU} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99,865\%} - X_{50\%}}; \quad (3.6)$$

$$C_{pkL} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0,135\%}}; \quad (3.7)$$

де $X_{50\%}$ - квантиль розподілу виробничого процесу на рівні 50%.

Ці індекси відтворюваності (CP_kL , CP_kU) дають змогу отримати інформацію про те, наскільки щільно згруповані значення характеристики навколо центральної лінії і чи можуть бути порушені вимоги специфікації продукції. [3]

Навіть якщо значення індексу CP має високе значення, то низькі значення індексів CP_k показують, що виробничий процес слабо сконцентрований

навколо центральної лінії, а ймовірність появи значень характеристики якості, що виходять за встановлені межі встановлених вимог, висока.[2]

Якщо спостережувані значення розподіляються за нормальним законом розподілу, то довжина опорного інтервалу дорівнює 6σ , а індекс відтворюваності можна оцінити за виразом:

$$\widehat{C}_0 = \frac{U - L}{6\hat{\sigma}}, \quad (3.8)$$

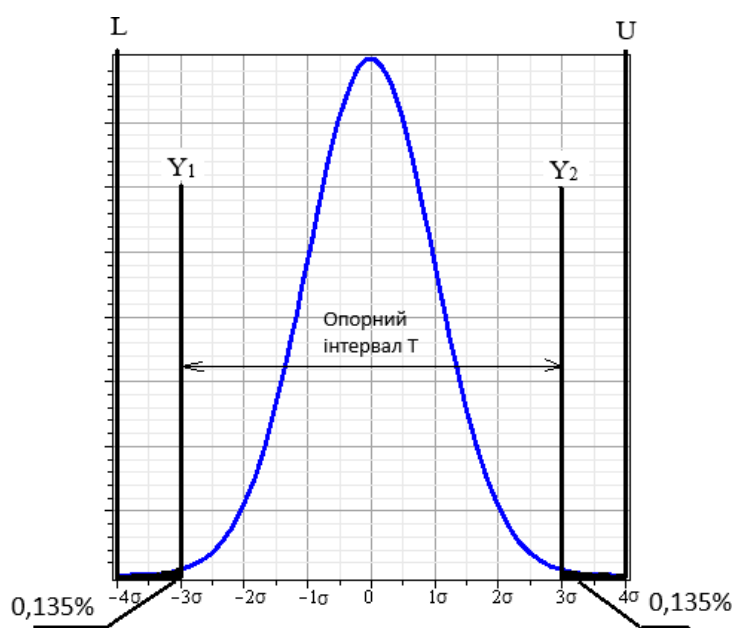


Рис.3.1. Довжина опорного (еталонного) інтервалу T і нижня L та верхня U межі поля допуску [1]

Якщо розподіл окремих значень підпорядковується нормальному закону розподілу, то квантиль $X_{50\%}$ дорівнює математичному очікуванню μ , а верхній і нижній індекси відтворюваності CP_k можна оцінити за виразами:

$$\widehat{C}_0 = \frac{U - \mu}{3\hat{\sigma}}; \quad (3.9)$$

$$\widehat{C}_0 = \frac{\mu - L}{3\widehat{\sigma}}; \quad (3.10)$$

На основі оцінки нижнього \widehat{C}_{pKL} і верхнього \widehat{C}_{pKU} індексів відтворюваності за кінцеву оцінку індексу відтворюваності CP_k необхідно приймати значення меншого індексу відтворюваності, тобто

$$\widehat{C}_{pk} = \min(\widehat{C}_{pKL}, \widehat{C}_{pKU}). \quad (3.11)$$

При обчисленні індексу відтворюваності виробничого процесу необхідно враховувати, що змінність виробничого процесу має відповідати ситуації, коли дані отримані в стані статистичної керованості виробничого процесу.

Якщо значення індексу відтворюваності $C_p < 1$ (або $CP_k < 1$), то верхня U і нижня L межі поля долення продукції без браку неможливе, а виробничий процес є незадовільним (ймовірність появи неякісної (бракованої) продукції дуже висока та може бути більшою 0,27%).[2]

Якщо значення $C_p = 1$ (або $CP_k = 1$), то верхня U і нижня L межі поля допуску збігаються з опорним інтервалом T виробничого процесу. При цьому, якщо процес центровано і розподіл показників якості підпорядковується нормальному закону, то можливий брак продукції становить 0,27% (2700 бракованих виробів на 1 млн виготовленої продукції). При цьому виробничий процес вважається мінімально прийнятним (задовільним, тобто признається відтворюваним).

Якщо значення індексу відтворюваності $C_p > 1$ (або $CP_k > 1$), то верхня U і нижня L межі поля допуску знаходяться за межами опорного інтервалу T виробничого процесу – це означає, що можливе виготовлення продукції без браку, а виробничий процес вважається задовільним. Якщо значення CP_k (або C_p) лежить в межах $1 < CP_k < 1,33$, то ймовірність появи бракованої продукції

буде знаходитись в межах від 0,006% до 0,27%. Якщо ж значення індексу відтворюваності більше 1,33 ($CP_k > 1,33$), то ймовірність появи бракованої продукції менша 0,006%, а виробничий процес вважається добрим.[3]

Придатність виробничого процесу щодо характеристики якості продукції являє собою досягнутий розподіл результатів. Єдина важлива відмінність між придатністю і відтворюваністю виробничого процесу полягає в тому, що для оцінювання придатності виробничого процесу немає вимог щодо наявності у виробничого процесу стану статистичної керованості і застосування для управління виробничим процесом контрольних карт. При аналізі придатності виробничого процесу:

1) мають бути встановлені всі технічні умови, в тому числі вимоги виробничого середовища, наприклад, вимоги щодо температури і вологості [11];

2) мають бути встановлені вимоги до невизначеності вимірювань [3];

3) має бути забезпечена можливість аналізу багатофакторних і багаторівневих аспектів виробничого процесу;

4) мають бути зібрані дані протягом встановленого періоду часу і зареєстровані;

5) мають відповідати встановленим системою менеджменту якості частота відбирання (створення) вибірки, а також час початку і кінця збирання даних [1];

6) процес може не контролюватися за допомогою контрольної карти;

7) процес може бути статистично не керованим, зокрема, отримані раніше дані, послідовність яких невідома, можуть бути використані для оцінки придатності виробничого процесу.[2]

Показник придатності виробничого процесу – статистичний показник, що визначається за вихідною характеристикою виробничого процесу, який використовується для оцінювання виробничого процесу, перебування якого в стані статистичної керованості не підтверджене. Параметром придатності

виробничого процесу можуть бути величини, що описують одну або кілька властивостей розподілу характеристики якості в умовах придатності.

Індекс придатності виробничого процесу – це індекс, що відображає стійкість виробничого процесу до встановленого поля допуску.

Якщо значення параметрів, що досліджуються розподіляються за нормальним законом розподілу, то довжина опорного інтервалу дорівнює $6\hat{\sigma}_t$ [1]. Тому значення індексу придатності PP може бути розраховане за виразом:

$$P_p = \frac{U-L}{6\hat{\sigma}_t}. \quad (3.12)$$

Верхній PP_{kU} і нижній PP_{kL} індекси придатності виробничого процесу можна оцінити за виразами:

$$P_{pkU} = \frac{U - \bar{x}}{3\hat{\sigma}_t}. \quad (3.13)$$

$$P_{pkL} = \frac{\bar{x} - L}{3\hat{\sigma}_t}. \quad (3.14)$$

Індекс придатності виробничого процесу PP_k приймається рівним значенню меншому із двох значень PP_{kU} та PP_{kL}, тобто $PP_k = \min(PP_{kU}, PP_{kL})$. Чим менше значення індексу придатності, тим більша ймовірність появи бракованої продукції, при цьому виробничий процес не буде задовольняти установленим вимогам.

Як видно з виразів (3.12) – (3.13), оцінка індексів придатності аналогічна оцінці індексів відтворюваності (3.10) – (3.14). Відмінність оцінювання індексів придатності від індексів відтворюваності полягає в тому, що виробничий процес не обов'язково має бути статистично керованим, а середньоквадратичне відхилення, яке характеризує кращий показник

придатності виробничого процесу не може бути розраховане на основі параметрів контрольної карти.

Індекс придатності PP_k характеризує підтверджену (демонстровану) якість. Якщо виробничий процес центрований, то індекс придатності $PP_k = PP$, але при зміщенні процесу індекс придатності зміщується від свого номінального значення, і PP_k стає меншим PP . Високий індекс PP_k буде тільки у тому випадку, коли мета досягнута при мінімальному відхиленні від середньоарифметичного значення.

У випадку нецентрованості виробничого процесу індекс придатності PP можна скорегувати, увівши поправку на нецентрованість:

$$P_{pk} = (1 - k)P_p, \quad (3.15)$$

де k – коригуючий коефіцієнт, який відповідає величині нецентрованості та визначається як задане опорне (еталонне) значення специфікації (характеристики продукції) мінус середнє значення виробничого процесу.

Якщо процес центрований, то $k=0$ і $PP_k = PP$. Якщо процес зміщується відносно заданого опорного (еталонного) значення, то k збільшується і індекс придатності PP_k стає меншим індексу PP .

Якщо індекси придатності рівні між собою $PP_k = PP$, то виробничий процес знаходиться в межах допуску. Якщо індекс $PP < 1$, то це означає, що виробничий процес має низьку точність, тобто виробничий процес є незадовільним. Застосування статистичних методів [3–7] під час регулювання не дасть необхідного (відчутного) ефекту. В такому випадку необхідно підвищувати точність виробничого процесу шляхом заміни (ремонт) технічних засобів (устаткування) та забезпечення якості вимірювань (єдності вимірювань і точності вимірювань) [1, 2].

Якщо індекс придатності PP_k знаходиться в межах від 1 до 1,33 ($PP_k < 1,33$), то виробничий

процес має достатню точність – це означає, що процедура його настроювання ведеться правильно. При цьому можна рекомендувати застосувати приймальні контрольні карти та об'єднати процедуру регулювання виробничого процесу і приймання продукції в одній загальній процедурі SPC (Statistical Process Control) [2].

Якщо індекс $PP > 1,33$, то виробничий процес вважається добрим (має високу потенційну точність).

Якщо $PP > 1$, а $PPk < 1$, то вважається, що виробничий процес має достатню потенційну точність, але існують фактори, які зміщують центр виробничого процесу та залишаються непоміченими. В цьому випадку рекомендується застосувати контрольні карти Шухарта для виявлення факторів, які можуть призводити зміщення центру виробничого процесу.

Якщо індекс $PP > 1,66$, то виробничий процес ідеально налаштований [23, 24].

Основні властивості нормального закону розподілу, на якому заснований розрахунок частки браку, наведені на рис. 3.2.[1]

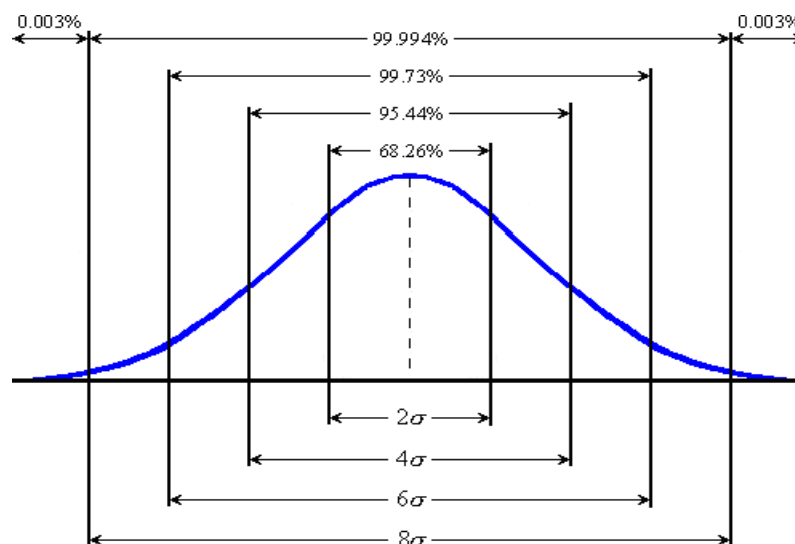


Рис.3.2. Властивості нормального закону розподілу, на якому заснований розрахунок частки браку

Як видно з рис.3.2, для того, щоб уникнути помітної частки бракованої продукції або характеристики виробничого процесу, що відхиляється від встановлених вимог, ширина поля допуску має бути не меншою за 6σ .

Оцінка загальної частки значень p_t характеристики виробничого процесу або параметра якості продукції, що не відповідають вимогам при нормальному законі розподілу може бути здійснена на основі верхньої і нижньої часток одиниць, що не відповідають вимогам:

$$\hat{p}_t = \hat{p}_t + \hat{p}_{tt} = \Phi\left(\frac{L - x}{\hat{p}_t}\right) + \left(\frac{x - U}{\hat{p}_t}\right), \quad (3.16)$$

$$\hat{p}_L = 1 - \Phi(3\widehat{C_{pkL}}); \quad (3.17)$$

$$\hat{p}_U = 1 - \Phi(3\widehat{C_{pkU}}); \quad (3.18)$$

де \hat{p}_L -оцінка нижньої частки одиниць, що не відповідають вимогам – частка розподілу значень характеристики процесу чи продукції, що не перевищує нижньої межі поля допуску L ;

\hat{p}_U -оцінка верхньої частки одиниць, що не відповідають вимогам – частка розподілу значень характеристики процесу чи продукції, що перевищує верхню межу поля допуску U ; $\Phi(*)$ - функція розподілу нормованого нормального закону розподілу.

Для оцінки частки одиниць продукції, які не відповідають вимогам придатності виробничого процесу, необхідно замінити у формулах (3.13) і (3.14) індекси відтворюваності $\widehat{C_{pkL}}$ та $\widehat{C_{pkU}}$ на індекси придатності P_{pkL} та P_{pkU} і таким чином отримати загальну частку розподілу значень характеристик виробничих послуг (виробничого процесу), які можуть виходити за межі поля допуску [25].

Будь-який процес потребує постійного покращення з використанням ефективних методів. Інформацію про реальну ефективність процесу можна отримати при вивченні виходу виробничого процесу, але найбільш корисною є інформація про характеристики перебігу самого процесу. Тому нам необхідно визначити цільові значення для цих характеристик, які приведуть до найбільш продуктивної роботи процесу і далі визначити наскільки близько чи далеко від них ми знаходимося. Якщо ця інформація визначається та інтерпретується правильно, то з її допомогою можна діагностувати хід процесу і, таким чином, своєчасно вносити коригувальні та запобіжні дії в виробничий процес при його відхиленні.

Вибираючи виробничий процес, ми керувались важливістю його вихідних показників якості продукції, що є важливою умовою для забезпечення належного виконання всіх наступних виробничих операцій. В нашому випадку беззаперечним буде вибір показника задоволеності споживача, а саме його безпека.

3.1. Застосування інформаційної технології для дослідження придатності процесу

Для визначення індексів придатності виробничих процесів з їх різнорідними показниками якості необхідно розробити єдину уніфіковану комп'ютерну модель, яка повинна бути придатною для будь-яких процесів, незважаючи на їх різноманітність, ступінь складності та ступінь впливу на кінцеву продукцію, а також, можливість контролю за їх стабільним функціонуванням. В дисертаційній роботі розроблено алгоритм оптимального розподілу для дослідження придатності процесу (рис.3.3) і сформульовано наукову задачу його інформаційного забезпечення .

На основі наявої бази даних отриманих показників якості та їх алгоритмів обробки при безпосередній участі інтелектуального інтерфейсу

здійснюється ідентифікація розподілу і вибір оптимального алгоритму обчислення, в результаті якого отримуємо значення індексів придатності процесу.

Розроблена концептуальна модель інформаційної технології для дослідження придатності процесу (КМІТ) об'єднує всі елементи і компоненти програми, які здатні впливати на взаємодію користувача з програмним забезпеченням, до яких відноситься: - сукупність завдань користувача, які він вирішує за допомогою ІВС; - елементи управління системою; - навігація між блоками системи; - візуальний (і не тільки) дизайн екранів програми; - засоби відображення інформації; - пристрої та технології вводу / виводу даних; - порядок використання програми і документація на неї тощо. На основі структурної схеми концептуальної моделі інформаційної технології (рис.3.3) було розроблено забезпечення монокристалічних резонансних сенсорів.



Рис.3.3. – Концептуальна модель інформаційної технології для дослідження придатності процесу

3.2. Параметри відтворюваності та придатності виробничого процесу

Показник відтворюваності виробничого процесу – це міра власної зміни вихідної характеристики виробничого (технологічного) процесу, що знаходиться в стані статистичної керованості, яка дає змогу оцінити здатність процесу підтримувати вихідну характеристику виробничого процесу на рівні встановлених для неї вимог. Ця міра характеризує змінність, що залишається після усунення всіх відомих причин. Якщо при цьому контроль виробничого процесу здійснюють з використанням контрольної карти, то саме контрольна карта показує, що виробничий процес знаходиться в керованому стані .

Відтворюваність виробничого процесу часто оцінюють за часткою продукції, характеристика якої знаходиться в межах поля допуску. Так як виробничий процес в статистично керованому стані може бути описаний прогнозованим законом розподілу, то може бути оцінена частка продукції, характеристика якої виходить за межі поля допуску. Поки виробничий процес залишається в стані статистичної керованості, то продукція, яка виготовляється має в середньому одну і ту ж частку невідповідної продукції.

Дії щодо управління виробничим процесом, які спрямовані на зменшення відхилень, викликаних випадковими причинами, дадуть змогу покращити відповідність виробничого процесу вимогам системи управління якості. Для цього необхідно:

- a) визначити характеристики виробничого процесу і умови експлуатації. Якщо визначені умови змінюються, то необхідні нові дослідження характеристик виробничого процесу;
- b) оцінити параметри короткострокових та довгострокових відхилень у вигляді відсотків від повних змін і мінімізувати їх;
- c) підтримувати стабільність виробничого процесу і забезпечувати його статистичну керованість;

- d) оцінити власну змінність виробничого процесу, яка залишається;
- e) вибрати відповідний параметр відтворюваності виробничого процесу.

При аналізі відтворюваності виробничого процесу необхідно враховувати такі умови:

- мають бути встановлені всі вимоги виробничого середовища (наприклад, вимоги щодо температури і вологості);
- мають бути встановлені вимоги до невизначеності вимірювань ;
- має бути забезпечена можливість аналізу багатofакторних, багаторівневих аспектів виробничого процесу;
- має бути встановлена і зареєстрована тривалість збирання даних;
- мають бути встановлені періодичність відбору вибірки, а також дата початку і кінця збирання даних ;
- при управлінні виробничим процесом має бути використана контрольна карта ;
- виробничий процес має знаходитися в стані статистичної керованості.

Також необхідно перевірити контрольну карту, дані якої були використані для статистичного контролю, і гістограму даних з усіма встановленими межами, нанесеними на неї. Крім цього, необхідно перевірити нормальність закону розподілу за допомогою валідованого критерію, такого як критерій Андерсона-Дарлінга або критерій. Ці критерії ефективні при виявленні відхилень закону розподілу від нормальності на хвостах розподілу, оскільки саме ця область важлива при визначенні оцінок індексів придатності і відтворюваності виробничого процесу. Також повинні бути знайдені пояснення аномалій даних і вжиті відповідні дії з даними до обчислення досліджуваного параметра. Виключення даних, що виділяються щодо інших, є неприйнятним. Такі відхилення можуть бути дуже інформативними щодо

властивостей виробничого процесу та мають бути досліджені.

Параметром відтворюваності виробничого процесу може бути величина, що характеризує одну або кілька властивостей розподілу вихідної характеристики в умовах відтворюваності виробничого процесу.

Загальним параметром положення розподілів є середнє значення (математичне очікування) μ , але інколи використовують вибіркoву медіану $X_{50\%}$. Для нормального закону розподілу кращим параметром положення є медіана.

Кращим параметром, що характеризує власну змінність виробничого процесу є стандартне відхилення σ – показник відтворюваності виробничого процесу. Його рекомендовано оцінювати за середнім розмахом R , який отримується за контрольною картою, коли виробничий процес стабільний і знаходиться в стані статистичного управління.

$$\sigma = \frac{R}{d_2}, \quad (3.19)$$

де d_2 - константа, яка відповідає об'єму вибірки в підгрупі, її значення вибирається з таблиці 3.2.

Якщо використовувати середнє стандартне відхилення для контролю відхилень в межах під групи, яке визначається за даними контрольної карти, то власне стандартне відхилення виробничого процесу можна оцінити за формулою.

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2}, \quad (3.20)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{S}}{c_4}, \quad (3.21)$$

де S - середнє вибіркoве стандартне відхилення; c_4 - константа, яка

відповідає об'єму вибірки в підгрупі (n), її значення вибирається з таблиці 3.2.

Якщо для кожної підгрупи можна обчислити стандартне відхилення підгрупи, то рекомендується формула для оцінки власного стандартного відхилення виробничого процесу, що дає більш точну оцінку, ніж формули (3.20 і 3.21), яка описується виразом:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m S_j^2}{m}}, \quad (3.22)$$

де S_j - вибіркове стандартне відхилення j -ої підгрупи; m – кількість підгруп з n спостереженнями в кожній підгрупі.

Таблиця 3.2. - Коефіцієнти контрольної карти для оцінки стандартного відхилення

Об'єм вибірки (n)	d_2	c_4
2	1,128	0,7979
3	1,693	0,8862
4	2,059	0,9213
5	2,326	0,9400
6	2,534	0,9515
7	2,704	0,9594
8	2,847	0,9650
9	2,970	0,9693
10	3,078	0,9727

Також необхідно розрізнити стандартне відхилення, що характеризує лише короткострокові зміни виробничого процесу, і стандартне відхилення, що характеризує довгострокові зміни виробничого процесу. Причому дані,

що зібрані протягом тривалого періоду часу, мають більше значення стандартного відхилення за рахунок більш суттєвої зміни виробничого процесу. В цьому випадку для позначення стандартного відхилення рекомендується використовувати символ σ_t – загальне (повне) стандартне відхилення.

Якщо дані отримані при спостереженні за виробничим процесом, що не перебуває у стані статистичної керованості або якщо контрольні картки не використовувались, то для обчислення стандартного відхилення не слід використовувати формули (3.21) – (3.22), а необхідно застосовувати таку формулу:

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}, \quad (3.23)$$

де N – загальний об'єм вибірки; x_i – i -те значення у вибірці; \bar{x} – середньоарифметичне вибірових значень.

Рівняння доцільно використовувати тоді, коли виробничий процес має зміни середнього значення, що викликані наявністю систематичної похибки, яка не може бути вилучена, і така змінність повинна бути врахована разом з випадковою змінністю. Цей параметр змінності також підходить для використання при обчисленні індексів придатності виробничого процесу.

Індексом відтворюваності виробничого процесу є точкові оцінки їх опорних (еталонних) значень. Використання індексу відтворюваності виробничого процесу дозволяє охарактеризувати стан виробничого процесу. Індекс відтворюваності виробничого процесу являє собою відношення різниці межі поля допуску до довжини опорного інтервалу.

$$C_p = \frac{(U - L)}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}}, \quad (3.24)$$

де L – нижня межа поля допуску; U – верхня межа поля допуску;

$X_{0,135\%}$ - нижня межа опорного інтервалу, що визначена як квантиль розподілу на рівні 0,135%; $X_{99,865\%}$ - верхня межа опорного інтервалу, що визначена як квантиль розподілу на рівні 99,865%.

Для оцінки індексу відтворюваності виробничого процесу як правило використовується опорний інтервал $T = Y_2 - Y_1$, що включає 99,73% значень характеристики виробничого процесу, які знаходяться в стані статистичної керованості. При цьому відсікається 0,135% з кожного боку закону розподілу. Такий інтервал рекомендовано застосовувати навіть при не нормальному законі розподілі значень характеристики виробничого процесу. Для нормального розподілу довжина опорного інтервалу становить шість стандартних відхилень (рис.3.4) .

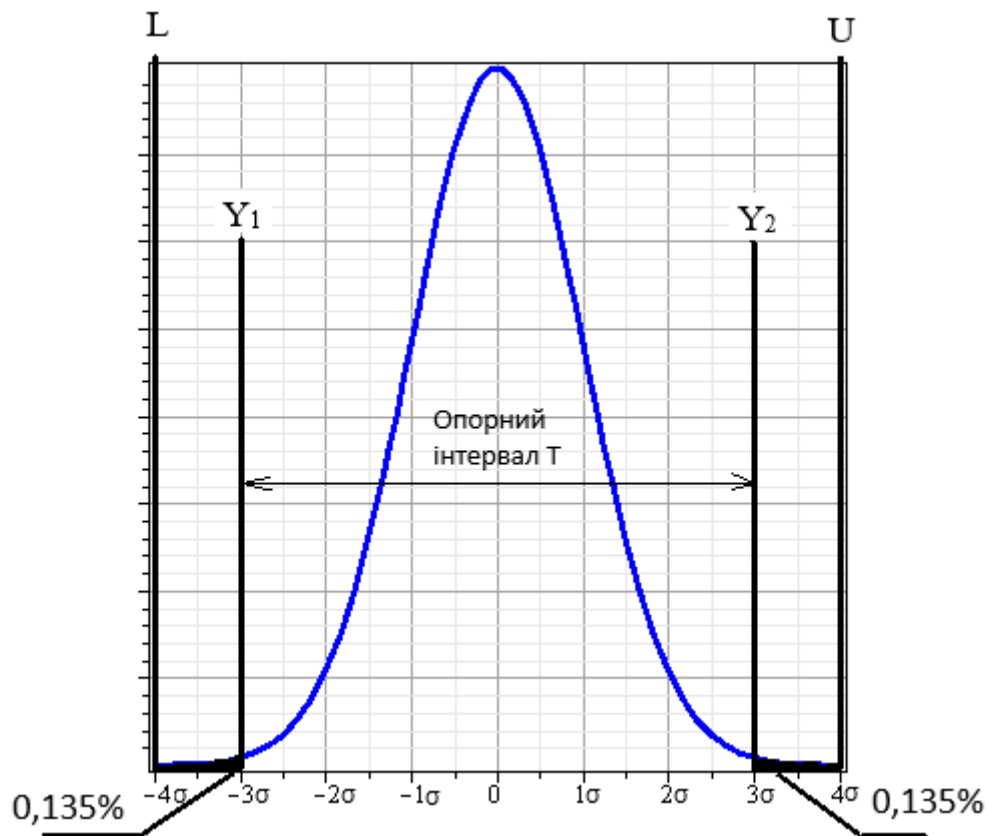


Рис.3.4. - Довжина опорного інтервалу та нижня і верхня межі поля допуску

Для оцінювання відтворюваності як правило використовують контрольні карти. Якщо на контрольній карті наведені лінії ослабленого контролю або

змінені лінії контролю, то реальне стандартне відхилення процесу буде більше, ніж стандартне відхилення, отримане за даними контрольної карти із стандартними лініями контролю. Зазначені особливості впливають на опорний інтервал, тому важливо, щоб стандартні лінії контролю були вказані при оцінюванні відтворюваності виробничого процесу.

Відтворюваним є виробничий процес, у якого опорний інтервал менший меж поля допуску на певну величину так як це зображено на рис. 3.4.

Також міжнародними стандартами рекомендовано використовувати і інші індекси, що характеризують як стан, так і змінність виробничого процесу, наприклад, індекс відтворюваності CP_k . Якщо цей індекс менший заданого значення, то можна вважати, що в процесі виготовлення існує велика ймовірність появи бракованої продукції, тобто характеристика виробничого процесу виходять за межі поля допуску (L, U).

Індекси відтворюваності CP_k можна визначати як відношення різниць меж поля допуску і параметра положення виробничого процесу до різниць відповідних дійсної межі значення виробничого процесу і параметра положення виробничого процесу:

$$C_{pkU} = \frac{(U - X_{50\%})}{X_{99,865\%} - X_{50\%}}, \quad (3.25)$$

$$C_{pkL} = \frac{(X_{50\%} - L)}{X_{50\%} - X_{0,135\%}}, \quad (3.26)$$

де $X_{50\%}$ - квантиль розподілу виробничого процесу на рівні 50%.

Ці індекси відтворюваності дають змогу отримати інформацію про те, наскільки щільно згруповані значення характеристики навколо центральної лінії і чи можуть бути порушені вимоги специфікації продукції.

Навіть якщо значення індексу C_p має високе значення, то низькі значення індексів C_{pk} показують, що виробничий процес слабо сконцентрований навколо центральної лінії і ймовірність появи значень характеристики якості, що виходять за встановлені межі встановлених вимог, висока.

Якщо спостережувані значення розподіляються за нормальним законом розподілу, то довжина опорного інтервалу дорівнює 6σ , а індекс відтворюваності можна оцінити за виразом:

$$\hat{C}_p = \frac{U - L}{6\hat{\sigma}}. \quad (3.27)$$

Якщо розподіл окремих значень підпорядковується нормальному закону розподілу, то квантиль $X_{50\%}$ дорівнює математичному очікуванню μ , а верхній і нижній індекси відтворюваності C_{pk} можна оцінити за виразами:

$$\hat{C}_{pu} = \frac{U - \mu}{3\hat{\sigma}}. \quad (3.28)$$

$$\hat{C}_{pl} = \frac{\mu - L}{3\hat{\sigma}}. \quad (3.29)$$

При обчисленні індексу відтворюваності виробничого процесу необхідно враховувати, що змінність виробничого процесу має відповідати ситуації, коли дані отримані в стані статистичної керованості виробничого процесу.

Якщо значення індексу відтворюваності $C_p < 1$ (або $C_{pk} < 1$), то верхня U і нижня L межі поля допуску знаходяться всередині опорного інтервалу T виробничого процесу - це означає, що виготовлення продукції без браку неможливе, а виробничий процес є незадовільним (ймовірність появи неякісної продукції дуже висока та може бути більшою 0,27%).

Якщо значення $C_p = 1$ (або $C_{pk} = 1$), то верхня U і нижня L межі поля допуску збігаються з опорним інтервалом T виробничого процесу. При цьому, якщо процес центровано і розподіл показників якості підпорядковується нормальному закону, то можливий брак продукції становить 0,27% (2700 бракованих виробів на 1 млн виготовленої продукції). При цьому виробничий процес вважається мінімально прийнятним (задовільним, тобто признається відтворюваним).

Якщо значення індексу відтворюваності $C_p > 1$ (або $C_{pk} > 1$), то верхня U і нижня L межі поля допуску знаходяться за межами опорного інтервалу T виробничого процесу – це означає, що можливе виготовлення продукції без браку, а виробничий процес вважається задовільним. Якщо значення C_{pk} (або C_p) лежить в межах $1 < C_{pk} < 1,33$, то ймовірність появи бракованої продукції буде знаходитись в межах від 0,006% до 0,27%. Якщо ж значення індексу відтворюваності більше 1,33 ($C_{pk} > 1,33$), то ймовірність появи бракованої продукції менша 0,006%, а виробничий процес вважається добрим.

Придатність виробничого процесу щодо характеристики якості продукції є досягнутий розподіл результатів. Єдина важлива відмінність між придатністю і відтворюваністю виробничого процесу полягає в тому, що для оцінювання придатності виробничого процесу немає вимог щодо наявності у виробничого процесу стану статистичної керованості і застосування для управління виробничим процесом контрольних карт. При аналізі придатності виробничого процесу:

- повинні бути встановлені всі технічні умови, в тому числі вимоги

виробничого середовища, наприклад, вимоги щодо температури і вологості ;

- повинні бути встановлені вимоги до невизначеності вимірювань ;
- має бути забезпечена можливість аналізу багатфакторних і багаторівневих аспектів виробничого процесу;
- дані повинні бути зібрані протягом встановленого періоду часу і зареєстровані;
- частота відбору вибірки, а також час початку і кінця збирання даних повинні відповідати встановленим системою менеджменту якості ;
- процес не повинен бути контрольованим за допомогою контрольної карти;
- процес не повинен бути в стані статистичної керованості, зокрема, отримані раніше дані, послідовність яких невідома, можуть бути використані для аналізу придатності виробничого процесу.

Показник придатності виробничого процесу – статистичний показник, що визначається за вихідною характеристикою виробничого процесу, який використовується для оцінювання виробничого процесу, перебування якого в стані статистичної керованості не підтверджене.

Параметром придатності виробничого процесу можуть бути величини, що описують одну або кілька властивостей розподілу характеристики якості в умовах придатності.

Індекс придатності виробничого процесу – це індекс, що відображає стійкість виробничого процесу до встановленого поля допуску.

Якщо значення параметрів, які спостерігаються розподіляються за нормальним законом розподілу, то довжина опорного інтервалу дорівнює $6\hat{\sigma}_t$. Тому значення індексу придатності P_p може бути розраховане за виразом:

$$P_p = \frac{U - \mu}{6\hat{\sigma}_t}. \quad (3.30)$$

Верхній P_{pkU} і нижній P_{pkL} індекси придатності виробничого процесу можна оцінити за виразами:

$$P_{pkU} = \frac{U - \bar{x}}{3\hat{\sigma}_t}. \quad (3.31)$$

$$P_{pkL} = \frac{\bar{x} - L}{3\hat{\sigma}_t}. \quad (3.32)$$

Індекс придатності виробничого процесу PPk приймається рівним значенню меншому із двох значень $PPkU$ та $PPkL$, тобто $PPk = \min(PPkU, PPkL)$. Чим менше значення індексу придатності, тим більша ймовірність появи бракованої продукції, при цьому виробничий процес не буде задовольняти установленим вимогам.

Як видно з виразів (3.30 – 3.32), оцінка індексів придатності аналогічна оцінці індексів відтворюваності (3.25 - 3.31). Відмінність оцінювання індексів придатності від індексів відтворюваності полягає в тому, що виробничий процес не обов'язково має бути статистично керованим, а середньоквадратичне відхилення, яке характеризує кращий показник придатності виробничого процесу не може бути розраховане на основі параметрів контрольної карти.

Індекс придатності PPk характеризує підтверджену (демонстровану) якість. Якщо виробничий процес центрований, то індекс придатності $PPk = PP$, але при зміщенні процесу індекс придатності зміщується від свого номінального значення, і PPk стає меншим PP . Високий індекс PPk буде тільки у тому випадку, коли мета досягнута при мінімальному відхиленні від середньоарифметичного значення.

У випадку нецентрованості виробничого процесу індекс придатності PP

можна скорегувати, увівши поправку на нецентрованість.

$$P_{pk} = (1 + k)P_p. \quad (3.33)$$

де k – коригуючий коефіцієнт, який відповідає величині нецентрованості та визначається як задане опорне (еталонне) значення специфікації (характеристики продукції) мінус середнє значення виробничого процесу.

Якщо процес центрований, то $k=0$ і $PP_k = PP$. Якщо процес зміщується відносно заданого опорного (еталонного) значення, то k збільшується і індекс придатності PP_k стає меншим індексу PP .

Якщо індекси придатності рівні між собою $PP_k = PP$, то виробничий процес знаходиться в межах допуску. Якщо індекс $PP < 1$, то це означає, що виробничий процес має низьку точність. Якщо індекс придатності PP_k знаходиться в межах від 1 до 1,33 ($1 \leq PP_k < 1,33$), то виробничий процес має достатню точність. Якщо індекс $PP > 1,33$, то виробничий процес вважається задовільним. Якщо індекс $PP > 1,66$, то виробничий процес ідеально налаштований .

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ РОЗРОБКИ

4.1 Оцінювання комерційного потенціалу нової методики дослідження параметрів якості

Метою даного розділу МКР є проведення технологічного аудиту, в даному випадку нової методики дослідження параметрів якості оцінювання індексів відтворюваності та придатності на ключових процесах виробництва з використанням інформаційної технології для дослідження придатності процесу, як результату науково-технічної діяльності.

Аналогів даної розробки представлено небагато. В якості аналога виберемо методику Демчук Л. [18], вартість використання якої складає 2500 грн. Задля проведення технологічного аудиту були залучені три незалежні експерти. Оцінювання комерційного потенціалу пристрою здійснюється за дванадцятьма критеріями, у відповідності із табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги					
2	Багато аналогів на малому ринку	Ринкові п Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно до-рівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни

Продовження табл. 4.1

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
Практик на здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
----	--------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Продовження табл. 4.1

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Усі дані по кожному параметру занесено в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії оцінювання	ПІБ експертів		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали		
Технічна здійсненність концепції	3	4	2
Наявність аналогів на ринку	2	4	4
Цінова політика	3	4	3
Технічні та споживчі властивості виробу	3	3	3
Експлуатаційні витрати	4	2	3
Ринок збуту	2	3	2
Конкурентоспроможність	3	4	4
Фахівці з технічної і комерційної реалізації	4	3	2
Фінансування	4	2	3
Матеріально-технічна база	3	3	3
Термін реалізації ідеї	3	4	4
Супровідна документація	4	3	4

Сума	38	39	37
Середньоарифметична сума балів	$(38+39+37) / 3 = 38$		

За даними таблиці 4.2 можна зробити висновок щодо рівня комерційного потенціалу даної розробки. Для цього доцільно скористатись рекомендаціями, наведеними в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 - 10	Низький
11-20	Нижче середнього
21-30	Середній
31-40	Вище середнього
41-48	Високий

Як видно з таблиці, рівень комерційного потенціалу розроблюваного нової методики є вище середнього.

Щодо каналів збуту продукції, то можна використати два види каналу збуту: прямий (пов'язані з переміщенням товарів і послуг від виробників до споживачів без використання незалежних посередників) і непрямий (пов'язані з переміщенням товарів і послуг від виробника до незалежного учасника руху товарів, а потім до споживача).

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної (дослідно-конструкторської) роботи

5.1.1. Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 21 днів;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Результати розрахунків зведемо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Основна заробітна плата розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	10800	514,29	26	13371,429
Інженер	9500	452,38	26	11761,905
Всього				25133,33

5.1.2. Витрати на основну заробітну плату робітників

Витрати робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, розраховуються за формулою:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (5.2)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин;

n – число робіт по видах та розрядах;

K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками;

C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год.

C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}}, \quad (5.3)$$

де M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_m = 4173$ грн. (червень 2019 року);

K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду;

T_p – число робочих днів в місяці, $T_p = 21$ дні;

T_{zm} – тривалість зміни, $T_{zm} = 8$ годин.

Погодинна тарифна ставка згідно чинного законодавства у грудні 2019 року = 25,13 грн./год.

Розрахунки заносимо до табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Витрати на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, год.	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати на робітника грн.
Основний робітник	0,6	2	1,1	33,9255	20,3553
Контроль	0,25	3	1,35	42,721	10,68025
Всього					31,04

5.1.3. Додаткова заробітна плата розробників та робітників, які приймали участь в розробці обладнання.

Додаткова заробітна плата прийнято розраховувати як 10 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$Z_d = Z_o \cdot 10 \% / 100 \% \quad (5.4)$$

$$Z_d = (25133,33 \cdot 10 \% / 100 \%) + (31,04 \cdot 10 \% / 100 \%) = 2513,33 + 3,10 = 2516,44 \text{ (грн.)}$$

5.1.4 Нарахування на заробітну плату розробників та робітників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$H_3 = (Z_o + Z_d) \cdot 22 \% / 100\% \quad (5.5)$$

$$H_3 = (25133,33 + 2513,33) \cdot 22 \% / 100 \% + (31,04 + 3,10) \cdot 22 \% / 100 \% = 6082,27 + 7,51 = 6089,78 \text{ (грн.)}$$

5.1.5. Амортизація обладнання, яке використовувалось для проведення розробки.

Амортизація обладнання, що використовувалось для розробки в спрощеному вигляді амортизація обладнання, що використовувалась для розробки розраховується за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{\text{в}} \cdot 12} \cdot t_{\text{вик}} \quad [\text{грн.}] \quad (5.6)$$

де Ц – балансова вартість обладнання, грн.;

T – термін корисного використання обладнання згідно податкового законодавства, років

$t_{\text{вик}}$ – термін використання під час розробки, місяців

Розрахуємо, для прикладу, амортизаційні витрати на комп'ютер балансова вартість якого становить 8500 грн., термін його корисного використання згідно податкового законодавства – 2 роки, а термін його фактичного використання – 1,24 міс.

$$A_{\text{обл}} = \frac{9500}{2} \times \frac{1,24}{12} = 490,079 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначаємо амортизаційні витрати на інше обладнання та приміщення. Розрахунки заносимо до таблиці 5.3. Для розрахунку амортизації нематеріальних ресурсів використовується формула:

$$A_{\text{н.р.}} = Ц_{\text{н.р.}} \cdot H_a \cdot \frac{t_{\text{вик.}}}{12} \quad (5.7)$$

Норму амортизації H_a приймемо за 10 %.

Таблиця 5.3 – Амортизаційні відрахування матеріальних і нематеріальних ресурсів для розробників

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Комп'ютер (процесор - Core i3 озу-8 ГБ Відеокарта - GeForce GTX 650 HDD - 1000 ГБ)	9500	2	1,24	490,079
Спеціалізоване обладнання (принтер, сканер, граф. планшет тощо)	10500	5	0,25	43,333
Приміщення	330000	20	1,24	1702,381
Спеціалізовані нематеріальні ресурси	5000	-	1,24	51,587
Всього				2287,38

Амортизація обладнання, що використовувалось робітниками, розраховується аналогічно, результати розрахунків зведено в таблицю 5.4 і враховуються при розрахунку виробничої собівартості виробу.

Таблиця 5.4 – Амортизаційні відрахування матеріальних і нематеріальних ресурсів для робітників

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання		Амортизаційні відрахування, грн.
			год.	міс.	
Комп'ютер	9500	2	0,85	0,0051	2,0027
Спеціалізоване обладнання	10500	5	0,425	0,0025	0,4427
Приміщення	330000	20	0,85	0,0051	6,9568
Всього					9,6131

5.1.6. Оскільки для розроблювальної методики не потрібно витратити матеріали, а необхідні лише комплектуючі, то витрати на матеріали дорівнюють нулю.

5.1.7. Витрати на комплектуючі

Витрати на комплектуючі, що були використані на виготовлення розраховуються за формулою

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{\epsilon j}, \quad (5.8)$$

де H_i - кількість комплектуючих i -го виду, шт.,

C_i - роздрібна ціна комплектуючих i -го виду, грн.,

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i=1,1$,

n - кількість видів матеріалів.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за штуку, грн.
Папір	3	0,5
Чорнило	0,005	200
Диск	1	45
Інтелектуальна складова	1	550
Всього		597,50

Витрати на комплектуючі, що були використані на розробку з врахуванням транспортних витрат:

$$H = 597,5 \cdot 1,1 = 657,25 \text{ (грн.)}$$

5.1.8. Витрати на силову електроенергію

Розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (5.9)$$

де V — вартість 1 кВт-години електроенергії, $V = 2,44$ грн./кВт (у 2019 році);

Π — встановлена потужність обладнання, кВт. $\Pi = 0,7$ кВт;

Φ — фактична кількість годин роботи обладнання, годин.

K_{Π} — коефіцієнт використання потужності, $K_{\Pi} = 0,8$.

$$V_e = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 8 \cdot 26 \cdot 2,44 + 0,8 \cdot 0,7 \cdot 2,1 \cdot 2,44 = 284,2112 + 2,904 = 287,11 \text{ (грн.)}$$

5.1.9. Інші витрати.

Інші витрати охоплюють: загально виробничі витрати, адміністративні витрати, витрати на збут тощо. Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати розробників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$V_{in} = 25133,33 * 250 \% / 100 \% + 31,04 * 250 \% / 100 \% = 62833,33 + 77,59 = 62911 \text{ (грн.)}$$

5.1.10. Загальні витрати на проведення розробки обладнання.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення розробки:

$$B = 25133,33 + 31,04 + 2516,44 + 6089,78 + 2287,38 + 657,25 + 287,11 + 62911 = 99853,50 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість розробки розраховується аналогічно до наведеної вище методики, але виключає всі витрати, пов'язані із розробниками і складе:

$$BC = 31,04 + 3,10 + 7,51 + 9,6131 + 657,25 + 2,904 + 77,59 = 789,01 \text{ грн.}$$

5.1.11 Розрахунок загальних витрат на виконання даної МКР.

Загальна вартість всієї МКР $B_{заг}$, визначається за формулою:

$$B_{заг} = \frac{Bi}{\alpha} \quad (\text{грн}), \quad (5.10)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даної МКР, у відн. одиницях:

$$B_{заг} = 62911 / 1 = 62911 \text{ грн.}$$

5.1.12. Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів НДР.

Прогнозування загальних витрат $ЗВ$ на виконання та впровадження результатів виконаної МКР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\beta} \quad (\text{грн}). \quad (5.11)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної МКР $\beta = 0,1 \dots 0,9$. Оберемо $\beta = 0,5$, так як розробка, на даний момент, знаходиться на стадії дослідного зразка:

$$ЗВ = 62911 / 0,5 = 125822 \text{ грн.}$$

5.2. Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right), \quad (5.12)$$

де ΔC_o — покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N — основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN — покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

C_o — основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n — кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

λ — коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість.
Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

p — коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту;

v — ставка податку на прибуток. У 2019 році — 18%.

Припустимо, що при прогнозованій ціні 2800 грн. за одиницю виробу, термін збільшення прибутку складе 3 роки. Після завершення розробки і її вдосконалення, можна буде підняти його ціну на 50 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року — на 500 шт., протягом другого року — на 1000 шт., протягом третього року на 1500 шт. До моменту впровадження результатів наукової розробки реалізації продукту не було:

$$\Delta\Pi_1 = (0*50 + (1300 + 50)*500)*0,8333*0,5) * (1 - 0,18) = 222083,324 \text{ грн.}$$

$$\Delta\Pi_2 = (0*50 + (1300 + 50)*(500+1000))*0,8333*0,5) * (1 - 0,18) = 691874,972 \text{ грн.}$$

$$\Delta\Pi_3 = (0*50 + (1300 + 50)*(500+1000+1500))*0,8333*0,5) * (1 - 0,18) = 1383749,945 \text{ грн.}$$

Отже, комерційний ефект від реалізації результатів розробки за три роки складе 2297708,24 грн.

5.3. Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Теперішня вартість інвестицій PV, що вкладається в наукову розробку можна вважати прогнозовану величину загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів МКР, розраховану раніше за формулою (5.12), тобто будемо вважати, що $ЗВ = PV = 125822$ грн.

Очікуване збільшення прибутку – додатковий прибуток ДП, що його отримає науковець-розробник від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження.

Таке збільшення прибутку також було розраховане нами раніше за формулою (5.12). Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій E_{abc} згідно наступної формули:

$$E_{abc} = (ПП - PV) \text{ (грн.)} \quad (5.13)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн;

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.14)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої МКР, грн;

T – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої МКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1;

t – період часу (в роках).

Збільшення прибутку ми отримаємо починаючи з першого року:

$$ПП = (222083,324 / (1+0,1)^1) + (691874,972 / (1+0,1)^2) + (1383749,945 / (1+0,1)^3) = 201893,93 + 571797,498 + 1039631,81 = 1813323,243 \text{ грн.}$$

Так як період часу розробки інноваційного продукту є відносно незначним і складає 26 днів (див. табл. 5.1), то, для спрощення розрахунків ним можна знехтувати, і тому життєвий цикл наукової розробки буде дорівнювати періоду отримання прибутків. Вісь часу, що характеризує рух платежів буде мати вигляд, представлений на рис. 1.



Рисунок 5.1. Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

$$E_{abc} = 1813323,243 - 125822 = 1687501,40 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{abc} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів даної МКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій E_g . Для цього використаємо формулу:

$$E_g = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.15)$$

$T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_g = \sqrt[3]{(1 + 1687501,40 / 125822)} - 1 = 1,434$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.16)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,14 + 0,05 = 0,19.$$

Так як $E_v > \tau_{\min}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_v}, \quad (5.17)$$

$$T_{ок} = 1 / 1,434 = 0,70 \text{ р.}$$

Оскільки $T_{ок} < 3$ -х років, а саме термін окупності рівний 0,70 роки, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

Висновки до розділу: економічна частина даної МКР містить розрахунок витрат на розробку та виготовлення нового технічного рішення сума яких складає 99853,50 гривень. Було спрогнозовано орієнтовану величину витрат по кожній з статей витрат. Також обраховано чистий прибуток, який може отримати виробник від реалізації нового технічного рішення, знайдено термін окупності витрат для виробника та економічний ефект для споживача при використанні даної розробки. В результаті аналізу обрахунків можна зробити висновок, що спроектований пристрій у виробництві дешевший за аналог і є висококонкурентоспроможним. Період окупності складе близько 0,70 роки.

Висновок

Якість продукції значною мірою визначається ефективністю системи управління якістю на підприємстві та належною організацією самого виробничого процесу. Система управління якістю, що побудована згідно з принципами загального управління якістю, передбачає постійне вдосконалення маркетингової діяльності підприємства, поліпшення якості продукції і задоволення потреб усіх зацікавлених сторін: споживачів, постачальників, персоналу за рахунок створення відповідного менеджменту на підприємстві.

Застосування індексів відтворюваності та придатності виробничого процесу в системі контролю якості продукції дозволяє наочно оцінити можливість зниження відсотка бракованої (невідповідної) продукції за рахунок зниження і усунення впливів, що мають не випадкові причини відхилення параметрів виробничого процесу (забезпечення стабільності виробничого процесу), а також зниження впливу випадкових причин, що призводять до відхилень параметрів виробничого процесу (підвищення можливостей виробничого процесу задовольняти встановлені вимоги). Це дозволить своєчасно приймати попереджувальні та коригувальні дії, які дадуть змогу знаходити резерви для підвищення якості продукції, знижувати фінансові витрати на виправлення браку, підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Список літератури

- [1]. Васілевський О., Дідич В., Слободянюк О. нормування індексів відтворюваності та придатності для оцінки показників якості продукції або виробничих послуг // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2018. - Том 1. - № 41. - С. 42-51. DOI: 10.31649/1999-9941-2018-41-1-42-51
- [2]. Васілевський О. М., Слободянюк О. С. етапи запровадження системи управління якістю в закладах вищої освіти // XLVIII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2019) . – 2019. – режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2019/paper/view/7855/6492>.
- [3]. Васілевський О.М., Слободянюк О.С. Актуальність оцінювання показників якості продукції на основі індексів відтворюваності та придатності // XLVII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2018). – 2018. – режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/4023/3764>
- [4]. Васілевський О.М. Оцінювання показників якості виробничого процесу і продукції на основі індексів відтворюваності та придатності / О.М. Васілевський // Вісник інженерної академії України. - 2017. - № 4. - С. 93-99.
- [5]. Вакуленко А. В. Управління якістю: навч.-метод. посіб. для самот. вивч. дисц. / А. В. Вакуленко. – К.: КНЕУ, 2013. – 167 с.
- [6]. Костюк О. Д. Концепції сучасних систем управління якістю продукції та послуг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuu.gov.ua>.
- [7]. Михеева Е. Н. Управление качеством: учебник / Е. Н. Михеева, М. В. Сероштан. – М.: Дашко и К0, 2013. – 708 с.
- [8]. Момот О. І. Можливості використання міжнародних стандартів для побудови інтегрованих систем менеджменту // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну: зб. наук. праць / О. І. Момот. – К., 2014. – № 5 (37). – С. 133-138.

- [9]. Магомедов Ш. Ш., Беспалова Г. Є. Управління якістю продукції: підручник. М. : Дашков і К °, 2012; Фрейдіна Є. В. Управління якістю: навч. допомога. М. : Омега-Л, 2012; Горбашко Е. А. Управління якістю: підручник. М. : Юрайт, 2012; Єфімов В. В., Барт Т. В. Статистичні методи в управлінні якістю продукції: навч. допомога. М. : КноРус, 2012.
- [10]. Магомедов Ш. Ш., Беспалова Г. Є. Управління якістю продукції: підручник. М. : Дашков і К °, 2012; Фрейдіна Є. В. Управління якістю: навч. допомога. М. : Омега-Л, 2012; Горбашко Є. Л. Управління якістю: підручник. М. : Юрайт, 2012; Єфімов В. В., Барт Т. В. Статистичні методи в управлінні якістю продукції: навч. допомога. М. : КноРус, 2012.
- [11]. Абрамова О. В. Управління якістю: класифікація витрат для забезпечення системи якості / О. В. Абрамова // Бізнесінформ. – 2011. – №6. – С. 82-85.
- [12]. Настанови щодо застосування статистичних методів згідно з ISO 9001:2000 : ДСТУ ISO/TR 10017:2005 (ISO/TR 10017:2003, IDT). – [Чинний від 2008-01-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2005. – 41 с.
- [13]. Демчук Л. В. Удосконалення системи контролю якості виробничого процесу / Л. В. Демчук // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – № 5/3 (25). – С. 18–21.
- [14]. Любчик О.С. Аналіз основних напрямів удосконалення системи метрологічного забезпечення виробництва харчової продукції / О.С. Любчик, М.М. Микийчук // Науковий вісник НЛТУ України. - 2015. - Вип. 25.4. - С. 167-172.
- [15]. “Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою”. Частина 5. Система планів послідовного відбирання, індексованих межами прийняття якості (МПЯ) для послідовного вибіркового перевірення партій: ДСТУ ISO 2859-5:2009 (ISO 2859-5:2015, IDT). - К.: Держспоживстандарт України, 2009. – (Національні стандарти України).

- [16]. “Статистичний контроль. Карти контрольні”. Частина 1. Загальні настанови (Замінює ДСТУ ISO 7870:2004): ДСТУ ISO 7870-1:2010 (ISO 7870-1:2007, IDT). – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – (Національні стандарти України).
- [17]. Демчук Л. Математичне моделювання в забезпеченні контролю якості об’єктів та процесів / Л. Демчук, Р. Байцар // Тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. “Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи”, 22–24 травня 2013 р. – Львів : Вид. Львівської політехніки, 2013.– С. 54–55.
- [18]. Демчук Л. Статистична модель аналізу придатності виробничого процесу /Л. Демчук, В. Юзевич, Р. Байцар // Стандартизація. Сертифікація. Якість. – 2014. – № 6. – С. 60–65
- [19]. Демчук Л. В. Забезпечення якості та конкурентоспроможності підприємств відповідно до стандартів ISO серії 9000 / Л. В. Демчук, Р. І. Байцар // Матер. 1-ої Міжнар. наук.-практ. конф. “Формування і оцінювання асортименту, властивостей та якості непродовольчих товарів”. – Львів : Львів. комерц. академія. – 2013. – Ч. III. – С. 33–35.
- [20]. Столярчук П. Методи оцінювання систем управління якістю / П. Столярчук, Р. Байцар, А. Гунькало // Вимірювальна техніка та метрологія. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2007. – С. 244–247.
- [21]. Про стандартизацію [Електронний ресурс]: Закон від 17.05.2001 №2408-III / Верховна Рада України. – Режим доступу:
- [22]. <https://works.doklad.ru/view/-XliC-Gg01Y.html>
- [23]. https://osvita.ua/vnz/reports/econom_pidpr/19063/
- [24]. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2408-14>