

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Допущений до захисту:
завідувача кафедри

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2021 р.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕРВІСНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ДВИГУНІВ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр»
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Виконав: студент групи АІ 20-1 маг. з.
Савчук Василь Олександрович

Керівник: к.т.н., доцент
Спірін Анатолій Володимирович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра агроінженерії та
технічного сервісу

Інженерно-технологічний
факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ
зав. кафедри АІ та ТС

“ _____ ” _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

студенту _____ Савчуку Василю Олександровичу _____

на тему

«Підвищення ефективності сервісного обслуговування двигунів
сільськогосподарської техніки»

затверджену Наказом від _____ 02 березня 2021 року _____ № 25 м

Вихідні дані для підготовки роботи:

1. Методичні вказівки з виконання магістерської роботи.
2. План-проспект магістерської роботи.
3. Підручники і навчально-методичні посібники, статистичні дані.
4. Наукові видання (монографії, книги, збірники, журнали, методики, матеріали ЦНТІ).
5. Методика економічної оцінки результатів досліджень.
6. Дані власних досліджень, одержаних в попередній період.

Календарний план виконання магістерської роботи

Структура роботи		Обсяг стор.	Термін підготовки
Анотація		1	листопад 2021 року
Вступ		3	листопад 2021 року
Розділ 1	Стан питання. Цілі і завдання дослідження	39	квітень 2021 року – липень 2021 року
Розділ 2	Теоретичні основи застосування методів і засобів забезпечення якості процесу ремонту з'єднання «поршень - гільза	34	квітень 2021 року – липень 2021 року
Розділ 3	Загальна методика досліджень	25	вересень 2021 року
Розділ 4	Результати досліджень та їх аналіз	11	жовтень 2021 року
Висновки		2	листопад 2021 року
Список використаної літератури		4	квітень 2021 року - листопад 2021 року

Термін подання роботи на кафедру

для попереднього захисту « 09 » листопада 2021 р.

Завдання видано « 15 » жовтня 2020 р.

Завдання прийняв до виконання _____ В.О. Савчук

Керівник _____ А.В. Спірін, к.т.н., доцент
(підпис)

РЕФЕРАТ

Савчук Василь Олександрович. Підвищення ефективності сервісного обслуговування двигунів сільськогосподарської техніки. - Робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Вінниця, 2021.

Мета роботи - підвищення якості складання з'єднання «поршень - гільза» двигуна при ремонті за рахунок обґрунтування, адаптації та впровадження інструментів контролю якості, вдосконалення селективного складання і методики вибору засобів вимірювань з метою зменшення незавершеного виробництва і кількості неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей.

Об'єкт досліджень. Відновлені під перший ремонтний розмір гільзи циліндрів і поршні ремонтного розміру двигуна ЗМЗ сімейства 402. Технологічні процеси ремонту гільз циліндрів, комплектації і складання з поршнем.

Предмет досліджень. Обґрунтування використання класичних і нових інструментів контролю якості в ремонтному виробництві на прикладі процесу ремонту з'єднання «поршень - гільза» двигуна.

Структура дипломної роботи. Дана дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

Ключові слова: надійність, вантажний автомобіль, двигун, поршень, гільза, запасні частини, статистичні дані, математична модель, засоби вимірювання.

ЗМІСТ

	Стор.
АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП	9
1 СТАН ПИТАННЯ. ЦІЛІ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	12
1.1 Аналіз стану технічного забезпечення АПК	12
1.2 Аналіз відмов сільськогосподарської техніки	17
1.3 Якість технологічного процесу ремонту машин	19
1.4 Елементи контролю якості в машинобудуванні і ремонтному виробництві	24
1.5 Статистичні методи управління якістю	27
1.6 Опис об'єкта дослідження	32
1.6.1 Конструктивні характеристики об'єкта дослідження	33
1.6.2 Аналіз дефектів гільз циліндрів	39
1.6.3 Способи відновлення гільз циліндрів	41
1.7 Висновок	44
2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ З'ЄДНАННЯ «ПОРШЕНЬ - ГІЛЬЗА»	45
2.1 Селективне складання і метод групової взаємозамінності	45
2.2 Визначення оптимального числа груп селекції з умови якості контролю	48
2.3 Організація процесу контролю гільз циліндрів	52
2.4 Кваліметрична оцінка рівня дефектності	58
2.5 Методи і засоби забезпечення якості на ремонтних підприємствах	60
2.6 Оцінка стабільності технологічного процесу	65
2.7 Висновки	68
3 ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	69
3.1 Методи контролю деталей сільськогосподарської техніки	69

3.2	Методика контролю гільзи циліндрів	71
3.3	Вибір засобів вимірювань	73
3.4	Визначення техніко-економічної ефективності засобів вимірювання	76
3.5	Висновки	78
4	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ	79
4.1	Вибір засобів вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів	79
4.2	Вибір засобів вимірювань для контролю діаметра спідниці поршня	81
4.3	Моніторинг контрольних точок	84
4.4	Оцінка стабільності технологічного процесу обробки гільзи циліндрів під ремонтний розмір	84
4.5	Аналіз розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів	92
4.6	Аналіз розсіювання розмірів діаметрів спідниці поршня	94
4.7	Удосконалення контрольного листка	94
4.8	Застосування методу групової взаємозамінності з метою зниження незавершеного виробництва	96
4.9	Застосування кваліметричної оцінки рівня дефектності	106
4.10	Застосування ІТ-технологій при маркуванні запасних частин сільськогосподарської техніки	110
4.11	Висновки	111
	ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	113
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	115

АНОТАЦІЯ

Савчук Василь Олександрович. Підвищення ефективності сервісного обслуговування двигунів сільськогосподарської техніки. - Робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Вінниця, 2021.

Структура дипломної роботи. Дана дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовані мета і завдання, визначені об'єкт і предмет дослідження, відображена наукова новизна отриманих результатів.

У першому розділі проведено аналіз наукових праць в області методів і засобів управління якістю ремонту сільськогосподарської техніки, розглянуто стан сільськогосподарської техніки в АПК, обраний і описаний об'єкт досліджень.

У другому розділі розроблена загальна методика застосування методів і засобів забезпечення якості ремонту на ремонтних підприємствах для з'єднання «поршень - гільза». Проведено теоретичний аналіз технологічного процесу ремонту гільзи циліндрів і вхідного контролю поршнів з позиції можливості застосування методів і засобів контролю для забезпечення якості селективного складання.

У третьому розділі виконано метрологічний аналіз контрольних точок і розроблені методики контролю і вибору засобів вимірювань гільз циліндрів і поршнів при застосуванні методу групової взаємозамінності в умовах ремонтного виробництва. Розроблено програму для ЕОМ, що дозволяє розрахувати кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, а також виходу вимірюваного параметра за кожну межу допуску у неправильно прийнятих деталей.

У четвертому розділі представлені результати досліджень і їх аналіз.

Ключові слова: надійність, вантажний автомобіль, двигун, поршень, гільза, запасні частини, статистичні дані, математична модель, засоби вимірювання.

АННОТАЦИЯ

Савчук Василий Александрович. Повышение эффективности сервисного обслуживания двигателей сельскохозяйственной техники. - Работа на получение образовательного-квалификационного уровня «Магистр» по специальности 208 «Агроинженерия». - Винницкий национальный аграрный университет Министерства образования и науки Украины, Винница, 2021.

Структура дипломной работы. Данная дипломная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задание, определенные объект и предмет исследования, отражена научная новизна полученных результатов.

В первой главе проведен анализ научных трудов в области методов и средств управления качеством ремонта сельскохозяйственной техники, рассмотрено состояние сельскохозяйственной техники в АПК, выбран и описан объект исследований.

Во второй главе разработана общая методика применения методов и средств обеспечения качества ремонта на ремонтных предприятиях для соединения «поршень – гильза». Проведен теоретический анализ технологического процесса ремонта гильзы цилиндров и входного контроля поршней с позиции возможности применения методов и средств контроля для обеспечения качества селективной сборки.

В третьей главе выполнен метрологический анализ контрольных точек и разработаны методики контроля и выбора средств измерений гильз цилиндров и поршней при применении метода межгрупповой взаимозаменяемости в условиях ремонтного производства. Разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитать количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей, а также выхода измеряемого параметра за каждую границу допуска у неправильно принятых деталей.

В четвертой главе представлены результаты исследований и их анализ.

Ключевые слова: надежность, грузовой автомобиль, двигатель, поршень, гильза, запасные части, статистические данные, математическая модель, средства измерения.

ANNOTATION

Savchuk Vasily Alexandrovich. Improving the efficiency of service maintenance of agricultural machinery engines. - Work on obtaining the educational and qualification level "Master" in specialty 208 "Agricultural Engineering". - Vinnitsa National Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnitsa, 2021.

The structure of the thesis. This thesis consists of introduction, four chapters, conclusion and list of references.

The introduction justifies the relevance of the topic, formulates the goal and tasks, a specific object and subject of research, reflects the scientific novelty of the results.

In the first chapter, the analysis of scientific works in the field of methods and means of managing the quality of repair of agricultural machinery is carried out, the state of agricultural machinery in the agro-industrial complex is considered, the object of research is selected and described.

In the second chapter, a general methodology for the application of methods and means of ensuring the quality of repair at repair enterprises for the connection "piston - sleeve" is developed. A theoretical analysis of the technological process of repairing the cylinder liner and incoming inspection of pistons from the standpoint of the possibility of using methods and means of control to ensure the quality of selective assembly is carried out.

In the third chapter, a metrological analysis of control points is carried out and methods of control and selection of measuring instruments for cylinder liners and pistons are developed when using the method of intergroup interchangeability in conditions of repair production. A computer program has been developed that allows calculating the number of incorrectly accepted and incorrectly rejected parts, as well as the output of the measured parameter for each tolerance limit for incorrectly accepted parts.

The fourth chapter presents the research results and their analysis.

Key words: reliability, truck, engine, piston, sleeve, spare parts, statistics, mathematical model, measuring instruments.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Технічний сервіс відіграє величезну роль в підтримці складної сільськогосподарської техніки в робочому стані. На якість ремонту роблять значний вплив безліч факторів, але в першу чергу це операції контролю, призначення яких – не допустити дефект у виробництво і до споживача. Сучасна статистика використання на передових підприємствах інструментів контролю якості показує, що з їх допомогою вирішується від 80 до 95% проблем, але в дрібносерійному ремонтному виробництві вони представлені «слабо». Інструменти контролю якості дозволяють підприємству мати достовірну інформацію про якість і вчасно вживати коригувальні та запобіжні дії для зменшення браку у виробництві. Якість відремонтованих деталей, вузлів і агрегатів залежить і від раціонального вибору засобів вимірювань та контролю з метою зменшення кількості неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, і в свою чергу, внутрішніх і зовнішніх втрат, особливо це стосується питань забезпечення якості та точності контролю деталей при селективному складанні, можливостей виключення незавершеного виробництва.

Дана робота присвячена одній з головних проблем в механізації сільського господарства – підвищення якості ремонту з'єднання «поршень - гільза» двигунів за рахунок вдосконалення методів і вибору засобів контролю.

Ступінь розробленості. Питаннями підвищення якості контролю при ремонті сільськогосподарської техніки займалися такі вчені, як Голубєв І.Г., Дорохов А.С., Єрохін М.Н., Іванов А.І., Карепін П.А., Кряжков В.М., Корнілович С.А., Лезін П.П., Левшин А.Г., Лельчук П.П., Леонов О.А., Михлин В.М., Рижков А.І., Сковородин В.Я., Фатхутдінов Р.А., Халфин М.А., Шкаруба Н.Ж. та ін.

Але в даний час невирішеними залишилися питання наявності незавершеного виробництва і вибору засобів вимірювань при селективному складанні, а інструменти контролю якості практично не застосовуються при ремонті сільськогосподарської техніки.

Мета роботи - підвищення якості складання з'єднання «поршень - гільза» двигуна при ремонті за рахунок обґрунтування, адаптації та впровадження інструментів контролю якості, вдосконалення селективного складання і методики вибору засобів вимірювань з метою зменшення незавершеного виробництва і кількості неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Провести аналіз технологічного процесу ремонту гільзи циліндрів і вхідного контролю поршнів з позиції можливості застосування методів і засобів контролю для забезпечення якості селективного складання;

2. Теоретично обґрунтувати та практично реалізувати метод групової взаємозамінності з'єднань «поршень - гільза» двигуна з метою значного зменшення незавершеного виробництва при селективному складанні;

3. Розробити методику оцінки дефектності процесу ремонту гільзи циліндрів, обґрунтувати контрольні точки, в яких необхідно застосувати інструменти контролю якості з метою виведення інформації про брак;

4. Провести метрологічний аналіз контрольних точок і розробити методику вибору засобів вимірювання для контролю гільз циліндрів і поршнів двигуна при селективному складанні;

5. Розробити програму для ЕОМ для розрахунку неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей.

Об'єкт досліджень. Відновлені під перший ремонтний розмір гільзи циліндрів і поршні ремонтного розміру двигуна ЗМЗ сімейства 402. Технологічні процеси ремонту гільз циліндрів, комплектації і складання з поршнем.

Предмет досліджень. Обґрунтування використання класичних і нових інструментів контролю якості в ремонтному виробництві на прикладі процесу ремонту з'єднання «поршень - гільза» двигуна.

Наукова новизна.

1. Розроблено методику оцінки рівня дефектності технологічного процесу ремонту гільзи циліндрів;

2. Вдосконалена форма контрольного листка, де запроваджено розрахунок даних про втрати від виправного і невиправного браку по всій номенклатурі можливих дефектів;

3. Розроблена методика вибору засобів вимірювань при селективному складанні;

4. Теоретично обгрунтовано застосування групової взаємозамінності в з'єднанні «поршень - гільза» з метою поліпшення якості складання з'єднання і виключення незавершеного виробництва.

Теоретична і практична значущість роботи.

1. Застосування методики вибору засобів вимірювань при селективному складанні дозволило знизити від 10 до 15% кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей при ремонті з'єднання «поршень - гільза» циліндрів двигунів ЗМЗ-402.

2. Застосування групової взаємозамінності в з'єднанні «поршень - гільза» дозволило повністю виключити незавершене виробництво і зменшити допуск посадки в два рази.

Методологія і методи досліджень. Використовувалася методика мікрометражу і дефектації відновлених і нових деталей, методика визначення неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей по РД 50-98-86 (МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (По применению ГОСТ 8.051— 81)). Для обробки експериментальних даних застосовувалися методи теорії ймовірностей, математичної статистики, комп'ютерні програми.

Структура дипломної роботи. Дана дипломна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

1 СТАН ПИТАННЯ. ЦІЛІ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз стану технічного забезпечення АПК

Технічне забезпечення сільського господарства досягло нині критичної межі. Основними сільськогосподарськими машинами аграрні підприємства забезпечені лише на 45-65%, понад 90% з яких вже відпрацювали свій амортизаційний строк. Щорічне списання зношеної техніки в декілька разів перевищує її виробництво і закупівлю. Через технічні несправності та фізичне зношення щорічно не використовується четверта частина тракторів, автомобілів і комбайнів.

Утримування технічного потенціалу на оптимальному рівні та ефективна організація його використання – одні з вирішальних чинників забезпечення сталого виробництва аграрної продукції, а отже, і продовольчої безпеки країни. Технічне оснащення аграрного виробництва на рівні технологічної потреби дозволяє якісно, швидко, в повному обсязі виконувати всі технологічні процеси й операції та виробляти продукцію з оптимальними витратами праці і коштів.

Модернізація кредитної системи України могла б теж стати базою для інтенсивного нагромадження капіталу та здійснення за його допомогою техніко-технологічного переоснащення аграрного виробництва. У технічному і технологічному переозброєнні сільського господарства України неприпустимо низький рівень використання лізингових відносин. У США лізингом охоплено понад третину всіх капіталовкладень. Одна з найбільших на ринку тракторів міжнародна компанія Джон Дір останніми роками реалізує за умовами лізингу більше 50 % обсягу продажів. Українські аграрії майже не користуються такою фінансовою послугою, як лізинг. Лише 0,2% сільгосптехніки, що є в наявності, перебуває у лізингу. Із приблизно 2 млн одиниць тракторів, комбайнів, сівалок, культиваторів та іншої сільгосптехніки, яку готують до виходу в поле щорічно, лише близько 4 тис. Агрегатів придбані за лізинговою схемою.

У сільськогосподарському виробництві відсутність технологічно необхідної кількості техніки призводить до збільшення на неї навантаження. Так, якщо в Україні на один трактор припадає 125 га ріллі, то в Німеччині – 6 га, у Польщі – 9,4, Франції

– 13, США – 29 га. Причому протягом останніх 20 років навантаження на одну машину в цих країнах майже не змінювалося, що пояснюється своєчасним відтворення технічних засобів.

За даними Державної служби статистики України, у 2017 р. вироблено і реалізовано сільгосптехніки майже на 10 млрд грн. При цьому експорт техніки знаходився на рівні 2,5 млрд грн. Таким чином, чверть вітчизняної сільгосптехніки (а саме – близько 27,3%) поставляється на експорт.

Відзначимо, що основними ринками збуту вже давно перестали бути тільки невимогливі до якості країни колишнього СНД. Незважаючи на те, що ринки Казахстану і Вірменії, Молдови та Білорусії є актуальними для вітчизняної сільгосптехніки, основний обсяг експорту і згаданих 2,5 млрд грн припадає на країни ЄС – Болгарію, Польщу та ін. При цьому у 2016 р. устаткування для сільського та лісового господарства в Україні вироблено і реалізовано на суму 7,7 млрд грн за експорту 1,8 млрд грн. Тобто обсяг реалізації продукції в Україні за рік збільшився на 20%, а експорт зріс на 40%.

Вітчизняна інженерна думка сьогодні готова запропонувати промисловим виробникам сучасну техніку нового покоління, у тому числі енергонасичені та багатоопераційні силові й робочі агрегати. Головною проблемою тут залишається обмеженість або ж повна відсутність фінансування для техніко-технологічного доведення дослідних зразків і постановки на серійне виробництво перспективних моделей.

Після кризових 2014-2015 рр. спостерігається активність аграріїв на ринку сільськогосподарської техніки, що збереглася й у 2018 р.

Також значно зріс у 2017 р. імпорт сільськогосподарської техніки, що досягнув докризового рівня 2013 р. (таблиця 1.1).

За очікуваними результатами 2018 р. імпорт техніки за деякими видами значно перевершить найвищі показники 2013 р. Лише на 16,2% зменшиться імпорт тракторів, на 60,4 – мотоблоків, на 11,8% – сівалок. У 2019 р. тенденція зростання імпорту техніки ймовірно збережеться та досягне 10-13% до 2018 року. Результати

2018 р. в Україні мають показати зростання обсягів купівлі сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів, комбайнів та ґрунтообробної техніки порівняно з 2017 р.

Оскільки продовжено мораторій на продаж землі, у 2019 році аграрні підприємства зможуть надалі інвестувати кошти в техніку та обладнання, а не купувати землю. Виходячи з обсягу купівлі сільськогосподарської техніки у 2017-2018 рр., росту її імпорту, з огляду на позитивну дію державної підтримки придбання вітчизняної техніки обсяги закупівель тракторів зростуть, включаючи вживану техніку, на 3100-3200 одиниць, зернозбиральних комбайнів на 1400-1600 одиниць, або на 5,7% у вартісному виразі.

Серед основних причин, через які матеріально-технічне забезпечення підприємств різних форм господарювання знаходиться на неналежному рівні – недостатність коштів у підприємств малих та середніх форм господарювання, недосконалість кредитної та амортизаційної політики, недостатня державна підтримка.

Таблиця 1.1 - Динаміка імпорту техніки, млн дол. США

Вид техніки	Рік					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (очік.)
Трактори	538,6	257,2	223,9	510	451,3	486,4
Мотоблоки	24	16,5	5,4	7,6	9,5	10,2
Комбайни зернозбиральні	183,3	95,5	106,6	271,4	306,5	313,1
Сівалки	144,5	95,1	51,7	106	127,4	134,9
Плуги	26,7	13,9	11,7	22,6	30,7	33,2
Борони дискові	23,2	16,4	10,7	24,6	34,8	37,2
Усього	940,2	494,6	409,9	942,2	960,4	1015,0

Рівень забезпечення сільськогосподарських підприємств сільськогосподарською технікою незадовільний. Як встановлено, забезпечення сільгосппідприємств технічними засобами не досягає й половини від технологічної потреби, а стосовно забезпеченості основними видами техніки простежуються тенденції до зниження (таблиця 1.2). Порівняно з 2005 р. оснащеність сільськогосподарських підприємств основними видами техніки у 2017 р. значно знизилася. Так, у сільськогосподарських підприємствах нині використовується лише 129,3 тис. тракторів, 26,8 тис.

зернозбиральних і 4,6 тис. кормозбиральних комбайнів, 70,3 тис. шт. сівалок усіх видів, близько 8 тис. шт. сінокосарок тракторних, 15,4 тис. шт. жаток.

Таблиця 1.2 - Динаміка наявності основних видів сільськогосподарської техніки в сільськогосподарських підприємствах у 2005-2017 рр., шт.

Вид техніки	2005	2010	2015	2016	2017	2017 р. до 2005 р., %
Трактори	216875	151287	127852	132686	129272	59,6
Тракторні причепа	125989	70879	49004	48547	45866	36,4
Сівалки	96970	72366	65492	67157	70343	72,5
Картоплесаджалки	4037	2200	1631	1573	1513	37,5
Дошувальні машини та установки (без поливних)	5339	4480	3815	4103	4226	79,2
Сінокосарки тракторні	13714	8178	7892	8228	7990	58,3
Жатки валкові	23105	15225	13595	14477	15389	66,6
Комбайни:						
зернозбиральні	47150	32750	26735	27366	26801	56,8
кукурудзозбиральні	4750	2548	1634	1534	1523	32,1
кормозбиральні	14627	7841	4982	4861	4559	31,2
льонозбиральні	1032	458	187	190	144	14,0
картоплезбиральні	1947	1694	1215	1239	1090	56,0
Бурякозбиральні машини	8478	4240	2427	2278	2028	23,9

У 2017 р. до сільськогосподарських підприємств надійшло 9,8 тис. тракторів, тоді як вибуло 7,6 тис., зернозбиральних комбайнів – 2,6 та 2,0 тис. шт. відповідно, кормозбиральних комбайнів – 241 та 420 шт., плугів – 3,9 тис. шт. та 2,3 тис. шт., сівалок – 5,3 тис. та 4,4 тис. шт., жаток валкових – 2239 та 908 шт. відповідно.

Для сільгоспідприємств важливим є питання оновлення технічних засобів. Для нормального відтворення машинно-тракторного парку потрібно щороку закуповувати 8-10 % від наявної техніки, а з урахуванням впровадження інноваційно-інвестиційних моделей розвитку аграрної галузі – 12-15 %.

Оновлення технічних засобів у сільськогосподарських підприємствах здійснюється повільно. Протягом 2017 р. було закуплено лише 7934 шт. тракторів (6,0 % до наявності на початок року), списано – 1909 шт. (1,5 % до наявності).

Зернозбиральних комбайнів закуплено 2171 шт. (8,2 % до наявності на початок року), списано – 543 шт. (2,1 % до наявності), сівалок закуплено 4434 шт. (6,8 % до наявності на початок року), списано – 1652 шт. (2,5 % до наявності на початок року).

Технологічна потреба сільськогосподарських підприємств у тракторах становить 280,0 тис. шт. за наявності 129,3 тис. шт. При цьому у 2017 р. також було лише 3,3 тис. шт., або 11,8 % від щорічної потреби. Подібна ситуація спостерігається й по інших видах техніки. Так, по комбайнах у 2017 році було вироблено лише 30 штук, або 1,1% (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 - Наявність, технологічна потреба та виробництво основних видів техніки для сільськогосподарських підприємств, 2017 р.

Вид техніки	Наявність техніки, тис. шт.	Щорічна технологічна потреба, тис. шт.	Вироблено у 2017 р., тис. шт.	Виробництво до потреби, %
Трактори	129,3	28,0	3,3	11,8
Зернозбиральні комбайни	26,8	6,5	0,03	1,1
Сівалки	66,3	10,7	5,1	47,7
Плуги	49,1	8,1	2,9	35,8
Культиватори	70,1	10,2	4,0	39,2
Борони	181,4	21,6	10,6	49,1
Вантажні автомобілі	81,2	8,5	0,3	3,5

Формування стратегічних напрямів розвитку матеріально-технічної бази країни має спиратися на глибокий аналіз існуючої ситуації. За останні роки машинно-тракторний парк АПК значно змінився як кількісно, так і якісно. Звідси нині на аграрному ринку необхідна продукція високої якості з найменшою собівартістю. Це можливо лише у разі використання сучасної, ресурсозберігаючої техніки, що дозволяє знизити трудомісткість виробництва. За сучасного рівня механізації сільськогосподарського виробництва у господарствах отримують високі врожаї сільськогосподарських культур при відносно низькій собівартості. Разом із тим техніка для вирощування основних сільськогосподарських культур не є взаємозамінною, тобто ринки техніки для обробітку різних культур один з одним не перетинають-

ся. Тому в країні проблеми оснащеності сільськогосподарською технікою та ефективності її використання мають особливу значущість, а ринок техніки виступає ключовою ланкою підвищення ефективності сільгоспвиробництва.

У зв'язку з малим оновленням техніки в сільському господарстві зростає значення ремонтних підприємств. Для підтримки кількості працездатності техніки необхідне проведення своєчасного і якісного ремонту.

1.2 Аналіз відмов сільськогосподарської техніки

Сільськогосподарська техніка працює в складних умовах експлуатації. Зазвичай завантаження машини становить 50-100% від номінальної потужності, причому експлуатація відбувається при значній запиленості повітря, а також, в ряді випадків, в умовах підвищеної вологості. Ще однією особливістю експлуатації сільськогосподарських машин спеціального призначення – комбайнів, сівалок, навантажувачів, косарок і т.п., є сезонність роботи. Техніка один місяць інтенсивно експлуатується, а одинадцять місяців простоює. При виконанні тракторами і автомобілями перевезень вантажів в зимовий період – відбувається робота машин в морози. Всі ці особливості впливають на надійність і довговічність головного агрегату будь-якої техніки – двигуна.

Двигун внутрішнього згоряння є одним з вразливих агрегатів сільськогосподарської техніки, на його частку припадає близько 66% всіх відмов, рис. 1.1.

Відмови сільськогосподарської техніки за даними моніторингу якості в умовах експлуатації, проведеного в 2013-2017 рр. (рис. 1.1).

При цьому, 66% відмов припадає на три основні агрегати: двигун (35,1%); гідросистему (18,4%) і трансмісію (12,4%). Інші елементи конструкції машини досить міцні і надійні.

Дані по відмовах в ДВЗ [11] представлені в найбільш зручному для аналізу вигляді – діаграмою Парето на рис. 1.2.

Виходячи з даних, представлених на рис. 1.2 видно, що частка відмов в двигуні циліндропоршневої групи становить від 20% до 25%, паливної апаратури - від 25 до 30%, і газорозподільного механізму приблизно 15%. Таким чином, для зменшення

кількості відмов техніки, в першу чергу, необхідно підвищити якість ремонту таких систем, як паливна апаратура і циліндропоршнева група. При цьому, надійність двигуна і його систем залежить не тільки від конструктивних особливостей, а й від періодичності технічного обслуговування, а також від якості проведеного ремонту.

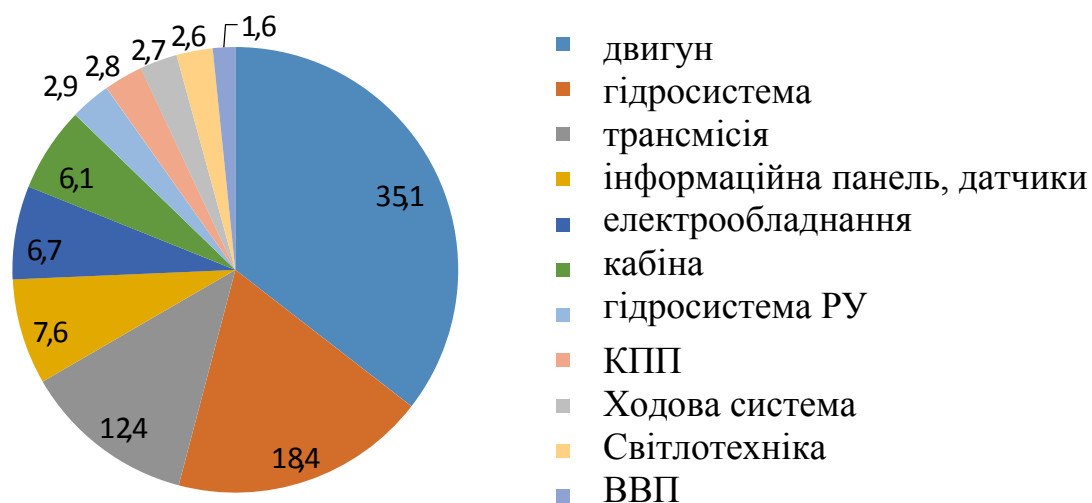


Рис. 1.1 - Частка відмов агрегатів сільськогосподарської техніки

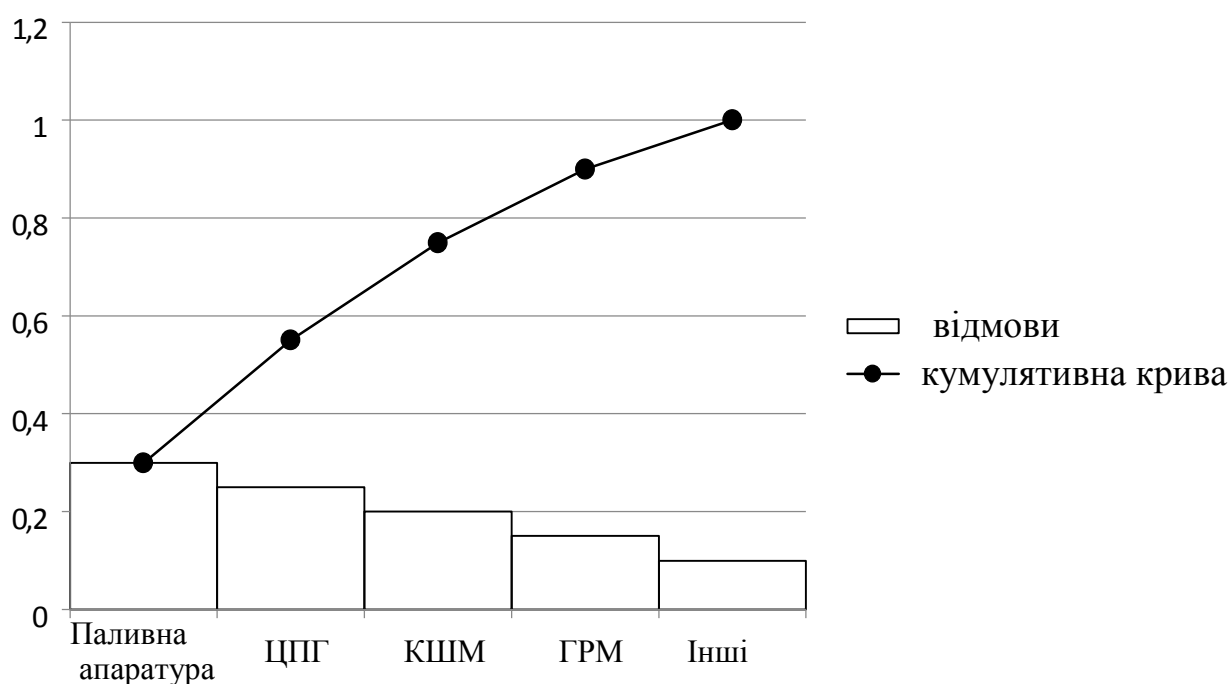


Рис. 1.2 - Діаграма Парето за часткою відмов ДВЗ

Згідно з даними багатьох досліджень, знос ЦПГ є одним з найважливіших факторів, який впливає на надійну і безвідмовну роботу двигуна.

Внаслідок низького технічного рівня і надійності вітчизняної техніки, сільськогосподарські виробники несуть значні економічні втрати. При цьому до кожного сезону ремонту піддається 60 ... 65% парку сільськогосподарської техніки. В середньому, частка справних машин не перевищує 80 ... 82% замість необхідних нормативами 95 ... 98%.

Згідно з даними ГОСНИТИ в техніки вітчизняних виробників 85 ... 90% відмов вузлів і деталей викликано виробничими дефектами, які обумовлені недо-триманням геометричних розмірів (до 31%), недосконалістю технологічного процесу виготовлення (до 20%), низькою якістю складання, незадовільною роботою технологічного устаткування, оснащення (до 17%), іншими порушеннями виробничих процесів (до 22%).

Необхідність забезпечення якості, надійності і безвідмовності сільськогосподарської техніки – це, з одного боку, вимоги сільгоспвиробника, а з іншого – є одним із завдань підвищення економічної ефективності розвитку техніки і технологій. Рівень якості нерозривно пов'язаний з рівнем технологічного розвитку кожної країни і є, в прямому сенсі, візитною карткою як серед споживача, так і на міжнародних ринках в умовах потужної конкуренції.

Найбільші простоти автомобілів в експлуатації в сільському господарстві викликані ремонтом двигунів внутрішнього згоряння, в яких однією з ресурсовизначальних характеристик є циліндропоршнева група, що займає приблизно 1/3 частку всіх відмов в двигуні.

1.3 Якість технологічного процесу ремонту машин

Одним з основних напрямків технічного прогресу в даний час є підвищення якості машин, їх довговічність і надійність [5]. Удосконалення техніки в цьому напрямку можливе на основі застосування нових енергозберігаючих технологій в ремонті, а також на базі дотримання норм взаємозамінності при впровадженні нових і підтримці якості наявних методів і засобів контролю при ремонті машин [16].

Машина після ремонту та її агрегати є продукцією, і вони повинні мати певну якість після проведення ремонту [6].

На даний момент термін «якість» має розмаїття визначень. Стандарт ISO 9000-2015 «Системи менеджменту якості. Основні положення і словник» визначає «якість» як ступінь відповідності сукупності властивих характеристики об'єкта вимогам [3]. Відповідно до міжнародних стандартів ISO 840294 «Управління якістю і забезпечення якості - словник» «... якість - це сукупність характеристик об'єкта, що відносяться до його здатності задовольняти встановлені і передбачувані потреби».

ГОСТ 15467-79 дає таке визначення терміну якість продукції: «Якість продукції - сукупність властивостей продукції, які обумовлюють її придатність задовольняти певні потреби відповідно до її призначення».

Також ГОСТ 15467-79 дає визначення терміну управління якістю продукції. «... Управління якістю продукції - дії, здійснювані при створенні і експлуатації або споживанні продукції, з метою встановлення, забезпечення і підтримки необхідного рівня її якості» [18].

Якість технологічного процесу ремонту зумовлює надійність машин, таким чином, за об'єкт дослідження прийнято технологічний процес ремонту найбільш відповідального з'єднання «поршень - гільза циліндрів».

Відповідно до терміна «якість створення продукції» під «якістю технологічного процесу ремонту машин» будемо мати на увазі сукупність властивостей технологічного процесу ремонту машин, від яких залежить відповідність цього процесу встановленим вимогам НТД.

Якість відремонтованих машин, їх вузлів і агрегатів визначається ступенем відповідності їх властивостей нормам на нові машини і деталі, аналогічно оцінюється якість ремонту [9].

Якість і собівартість ремонту машин залежать від конструкції машин і їх агрегатів, умов експлуатації, технологій виготовлення, якості технічного обслуговування, а також інших факторів [11].

Якість ремонту формується набагато складніше, ніж в аналогічні завдання в машинобудуванні. Для вирішення проблеми підвищення якості ремонтному підприємству потрібно систематизувати і осмислити взаємозв'язок цілого ряду технологічних, організаційних, економічних, соціальних, ергономічних, екологічних

та інших складових якості. Менеджмент якості на ремонтному підприємстві, як єдина система, націлена на забезпечення і управління якістю, сформує конкретні проблеми і дасть певні результати, що спричинить зниження витрат, пов'язаних з невідповідностями та браком [6, 7]. Менеджмент якості в області ремонту машин потрібно вести безперервно, він повинен базуватися на результатах наукових робіт технологічного плану, досліджень по організації виробництва, а також накопиченого передового досвіду.

Управління якістю ремонту ґрунтується на принципі зворотного зв'язку, використовує загальні закономірності процесу управління [6].

В системі управління якістю при ремонті машин необхідне охоплення максимальної кількості заходів [9, 10]. Найбільш важливими з них є: визначення потреб в ремонті машин, деталей, вузлів і агрегатів; визначення рівня якості ремонтних підприємств; визначення зростання рівня якості ремонту, виходячи з можливостей ремонтних підприємств і їх економічної доцільності; коригування діючих технічних умов і нормативів при ремонті, а також розробка нової нормативно-технічної документації; ведення реєстрації та звітності про якість ремонту, при цьому включаючи показники надійності відремонтованих машин і їх агрегатів; встановлення єдиних засобів і методів контролю якості ремонту машин, їх деталей, вузлів і агрегатів; підвищення кваліфікації робітників, їх моральне і матеріальне стимулювання при підвищенні якості ремонту; встановлення відповідальності за недотримання технічних умов і заданих нормативів.

Найважливіший фактор, який впливає на якість робіт з технічного обслуговування і ремонту машин, є технологічний. Даний фактор включає в себе забезпечення підприємства нормативно-технічною документацією, підтримання постійного рівня якості роботи технологічного обладнання та інструментів, забезпечення якості мийних, розбірно-складальних робіт, особливо дефектації, технологій ремонту найважливіших деталей, контроль рівня якості запасних частин і матеріалів. Особливо варто забезпечення заданого рівня якості метрологічного забезпечення ремонтного виробництва [5, 14], де формуються витрати на контроль [6] у вигляді вартості засобів вимірювань втрат при наявності браку, особливо

важливо аналізувати втрати від похибки вимірювань [12]. Відповідно, першорядним завданням управління якістю на підприємстві є забезпечення якості метрологічного забезпечення виробництва у вигляді раціонального обґрунтування і вибору засобів контролю [12, 14] по заданій номенклатурі наявних у продажу засобів вимірювань.

У процесі ремонту деталей неможливо отримати вихідну продукцію тотожної якості, тому що параметри різних одиниць продукції будуть знаходитися в певних межах [18]. Це викликано комплексом випадкових і систематичних причин, що діють в процесі ремонту, і визначають похибки даного технологічного процесу.

Якість ремонту визначається якістю деталей, які надійшли на ремонт, ступенем налаштованості технологічного обладнання, умовами навколишнього середовища та інших факторів (дотримання технологічних режимів, засоби вимірювальної техніки). Для своєчасного виявлення дефектів і його причин, необхідно здійснювати систематичний контроль параметрів деталей, обробляти отримані дані. Аналіз розкиду отриманих даних дозволить виявити причину появи виправного і невиправного браку.

Сукупність властивостей технологічного процесу ремонту включає в себе такі поняття, як точність і стабільність технологічного процесу. Точність технологічного процесу - це властивість процесу, яка обумовлює близькість дійсних і номінальних значень параметрів за розподілом їх ймовірностей. Стабільність технологічного процесу характеризує сталість розподілу ймовірностей його контрольованих параметрів протягом заданих інтервалів часу, виключаючи втручання ззовні [19]. Під параметрами деталі і технологічного процесу буде прийнята кількісна характеристика їх властивостей і станів [15].

Показники якості відремонтованих деталей, вузлів і агрегатів формуються на всьому протязі технологічного процесу ремонту [2]. Необхідно контролювати показники якості при виконанні таких операцій як, розбирання, очищення, дефектація, ремонт, складання і т.д.

Мала надійність і низька якість сільськогосподарської техніки тягнуть до серйозних витрат на підтримання в робочому стані. Щорічно до 65% сільськогосподарських машин ремонтується.

В даний час сумарна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки перевищує сучасні вимоги в 2-2,5 рази. Витрати на технічний сервіс зросли з 5-6% в структурі собівартості сільгосппродукції до 12-15% (при необхідних 4-5%).

У зв'язку з тим, що парк сільськогосподарської техніки застаріває, а обсяги робіт, пов'язаних з технічним обслуговуванням і ремонтом машин, зростають, але якість відремонтованих деталей, вузлів, агрегатів не змінюється. Технічний стан техніки, яка до сих пір використовується в АПК з початку 90-х рр. XX століття, продовжує погіршуватися. Але дана техніка майже не вибуває і не списується в господарствах, так як сільськогосподарські підприємства, з одного боку, мало-рентабельні і не мають можливості купувати нові дорогі машини, а з іншого боку - стара техніка має значний рівень ремонтпридатності, на відміну від нової, де, наприклад, через відмову підшипника змінюється весь вузол в зборі.

При ремонті техніки найбільшу трудомісткість мають такі операції як розбирання та збирання. Значний обсяг робіт в області технічного обслуговування і ремонту техніки виконується в ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств, і в більшості випадків, даний ремонт зводиться до заміни зношених деталей на нові.

Технологічні процеси, пов'язані з відновленням розмірів, операції обкатки та випробувань агрегатів, зокрема - двигунів, в більшості випадків не виконуються через відсутність необхідного технологічного обладнання [1-13]. Такі процеси можуть забезпечити тільки спеціалізовані ремонтні підприємства, але їх чисельність значно зменшилася і вартість ремонту досить висока. Дотримання вимог, викладених в нормативно-технічній документації по ремонту окремих вузлів і агрегатів забезпечується не завжди, а якість виконання операцій і аналіз точності процесів не проводиться.

З досвіду відновлення зношених деталей слідує, що дефекти попередніх операцій впливають на якість подальших операцій і підсумкового контролю в цілому [21]. Так, необхідно контролювати твердість поверхневого шару, точність і відхилення форми і розташування поверхонь. У зв'язку з тим, що однойменні деталі

мають різноманітні дефекти, необхідно коригувати типовий технологічний процес відновлення в залежності від типу пошкоджень.

Із зазначеного випливає, що однією з причин низької якості ремонту, контролю і складання можуть бути не тільки похибки виконання певних операцій і процесів, але і зношеність або відсутність технологічного обладнання.

Невідповідності при виконанні технологічних процесів ремонту, відображаються на етапі складання, або проявляються як серйозні дефекти при експлуатації у вигляді рекламаций від споживача. Невідповідності проявляються як раптовими відмовами, так і поступовими у вигляді підвищення швидкостей зношування, є причинами значної витрати масла на чад, прориву газів в картер, і як наслідок - втрати потужності.

Для підвищення якості ремонту машин необхідно застосовувати інструменти контролю якості, удосконалювати селективну збірку і методику вибору засобів вимірювань з метою зменшення незавершеного виробництва і кількості неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей.

1.4 Елементи контролю якості в машинобудуванні і ремонтному виробництві

Значну роль в становленні і розвитку сучасних підходів до управління якістю внесли зарубіжні фахівці, такі як: Х. Емерсон, Е. Тейлор, В. Шухарт, Е. Демінг, К. Ісікава і т.д. Запропоновані ними підходи до управління якістю до сих пір використовуються на багатьох підприємствах.

Американський інженер Харрінгтон Емерсон займався питаннями організації праці. Він вважається засновником першої фази менеджменту якості - фази відбраковування поряд з У. Тейлором і Г. Фордом. Основою праці Х. Емерсона «Дванадцять принципів продуктивності» (1931 р), в якій він вивів умови успішного функціонування, універсальність яких полягала в застосуванні для будь-яких організацій і процесів.

Одним з основоположників статистичного контролю якості є американський інженер Вальтер Ендрю Шухарт. Він розробив метод побудови діаграм контролю

виробничого процесу, що дозволяють провести його аналіз на основі статистичної оцінки показника якості. Надалі ці діаграми отримали назву «контрольні карти Шухарта». Менеджмент якості за допомогою контрольних карт увійшов у другу фазу розвитку - фазу контролю якості. Виробник концентрував основні зусилля на вилучення непридатної продукції до відвантаження покупцеві і збільшував вихід придатної продукції.

Едвардс Вільям Демінг є автором понад 200 робіт в області управління якістю, однією з знаменитих його робіт є «Вихід з кризи», де він чітко сформулював постулати відносини всіх співробітників організації до споживача з позиції управління якістю. Він вперше дав методологію оцінки діяльності будь-якого працівника організації з позиції грамотного обґрунтування якості виконуваних функцій. Демінг був активним розробником методів статистичного контролю якості, на базі яких і проводилося чітке і послідовне дослідження якості робіт і процесів.

Американський фахівець, автор теорії комплексного управління якістю Арманд Фейгенбаум розробив систему «Витрат на якість». Дана система враховувала такі категорії витрат: на запобігання дефектів, на оцінку якості продукції, на внутрішні і зовнішні дефекти. Вперше він ввів термін «загальне управління якістю» в книзі «Загальне управління якістю» (1961 г.), і дав назву третій фазі розвитку менеджменту якості [18, 20].

Каору Ісікава - японський фахівець в області якості, розробив діаграму причинно-наслідкового зв'язку. Дана діаграма істотно доповнювала наявні методики оцінки, контролю і поліпшення якості. Ісікава був автором японської версії комплексного управління якістю та також об'єднав в єдину систему «сім простих інструментів контролю якості» [4-7].

Японський статистик Геїніті Тагути був засновником четвертої фази TQM. Він вивчав методи планування експерименту. Також був розробником концепції «Функції втрати якості» [-112].

Вітчизняна школа управління якістю є однією з найсильніших у світі в теоретико-методологічному підході до дослідження проблеми управління якістю. Значний внесок у формування підходів до управління якістю внесли і вітчизняні вчені.

Одним з основоположників розвитку теорії та практики управління якістю і стандартизації в Росії був А.К. Гаст. Його роботи були спрямовані на питання методології розробки стандартів, їх обґрунтування і класифікації, розробці принципів узгодження стандартів з науково-технічною культурою.

В.В. Бойцов сформулював теоретичні та методологічні основи управління якістю всіх елементів життєвого циклу технічних об'єктів. В.В. Бойцов був одним з творців сучасної державної системи стандартизації.

А.В. Гличев вважається одним з творців теорії управління якістю. Під його керівництвом здійснювалися розробки фундаментальних і прикладних напрямків управління якістю. Особлива увага до його досліджень приділялася методології системного підходу до управління якістю та проблемам сертифікації [18].

В.Н. Войтоловський один з перших вітчизняних учених, хто почав аналізувати витрати на якість. Саме, на його думку, економічно допустимі межі збільшення витрат на контроль якості визначають розміри втрат від браку. Далі витратами на забезпечення якості займалися Е.М. Карлик [5] і В.М. Школовській, І.Г. Резник [9] і О.В. Олешко.

В роботі А.І. Рижкова [8] розглянуті теоретичні основи управління якістю автомобілебудування, досліджено основні положення системного підходу в управлінні якістю послуг з технічного обслуговування і ремонту автомобілів.

С.А. Корнілович [5] у своїй дисертації розглянув можливості підвищення якості технологічного процесу ремонту сільськогосподарської техніки шляхом його аналізу точності і стабільності.

В роботі О.А. Леонова [7] якість ремонту уніфікованих з'єднань сільськогосподарської техніки забезпечується за рахунок методів розрахунку точнісних параметрів.

Н.Ж. Шкаруба [11] сформовані принципи і розглянуті практичні аспекти застосування «... комплексної методики вибору засобів вимірювань лінійних розмірів при ремонті сільськогосподарської техніки».

У дисертації А.Р. Журавльової [4] була розглянута «... методика вибору засобів вимірювань для контролю отворів при ремонті сільськогосподарської техніки».

В роботі Д.М. Скороходова [13] були вирішені питання вхідного контролю запасних частин за фізико-механічними і геометричним параметрам шляхом використання розробки автоматизованого вимірювального пристрою.

Аналіз літературних джерел показав, що в даний час невіршеними залишилися питання вибору засобів вимірювань при селективній збірці, а інструменти контролю якості практично не застосовуються в ремонтному виробництві.

У зв'язку з вищепереліченим, виникає ряд завдань, для яких потрібно проведення додаткових досліджень.

1.5 Статистичні методи управління якістю

Невід'ємною частиною методів управління якістю є статистичні методи. Їх необхідно застосовувати при зміні показників від виробу до виробу випадковим чином, робити висновки про всю партію продукції [5].

Під статистичними методами управління якістю розуміється сукупність методів виявлення особливих факторів, що дозволяє встановити стан процесу і коригувати його з метою поліпшення результату.

Згідно зі стандартами ISO серії 9000, статистичні методи розглядаються як один з найефективніших засобів забезпечення якості.

Окремими видами питань статистичних методів займаються вчені, інженери, економісти, математики та ін. Однак, на даний момент відсутня систематизація статистичних методів при ремонті машин. Це пояснюється різноманіттям і складністю причин, які впливають на показники якості, відсутністю у ремонтників розуміння ефективності при їх застосуванні, розривом між наукою про методи збору і обробки даних і практикою їх використання, утрудненнями спостереження за великою кількістю показників.

Застосування статистичних методів при ремонті необхідно починати з застосування семи простих (класичних) інструментів статистичного управління якістю (процесами). До них відносяться: розшарування, причинно-наслідкова діаграма (діаграма Ісікави, діаграма «риб'ячий скелет»), діаграма Парето, гістограма, діаграма

розкиду, контрольні листки і контрольні карти. Для обробки і аналізу даних необхідно використовувати не один, а кілька статистичних методів одночасно.

Розглянемо докладніше кожен статистичний метод.

Відповідно до методу розшарування виробляють групування даних в залежності від умов їх отримання, далі роблять обробку кожної отриманої групи окремо. Прикладом можуть бути дані, що відносяться до деталей, що ремонтуються на різних робочих місцях, в залежності від виконавця, який виконує операцію, що застосовує устаткування, методів виконання робочої операції, температурних умов та ін. Розшарування дозволить визначити причину появи дефекту при виявленні різниці в «шарах».

При розгляді заданого фактора, по параметру якого вироблялося розшарування, зазвичай визначаються фактори другого порядку, які впливають на розкид показників якості, що впливають на чинники першого порядку. Також може виникнути доцільність проведення досліджень по розшаруванню з метою виявлення чинників третього порядку.

Даний метод може застосовуватися як самостійно, так і з іншими статистичними методами - гістограм, контрольних карт, діаграми Парето, причинно-наслідкової діаграми.

Причинно-наслідкова діаграма (діаграма Ісікава, «риб'ячий скелет») дозволяє виявити і систематизувати фактори і умови, що впливають на представлену проблему.

Якість деталей забезпечується в процесі ремонту і є результатом дії системи чинників і причин, що входять в процес.

При побудові причинно-наслідкової діаграми необхідно встановити максимальну кількість факторів, що мають відношення до проблеми, яка вийшла за встановлені межі.

На рис. 1.3 показана причинно-наслідкова діаграма, що показує залежність якості ремонту від факторів і умов.

Діаграма Парето часто використовується для аналізу причин браку. Її застосовують, коли потрібно наочно уявити відносну важливість усіх можливих причин виникнення браку і виявити причини, що мають максимальну частину для

того, щоб надалі виробити заходи щодо першочергового усунення даних причин. Для оцінки ефективності вжитих заходів порівнюють діаграми Парето, побудовані за даними до і після поліпшення процесу. Також діаграма Парето будується і для виявлення основних причин успіху.

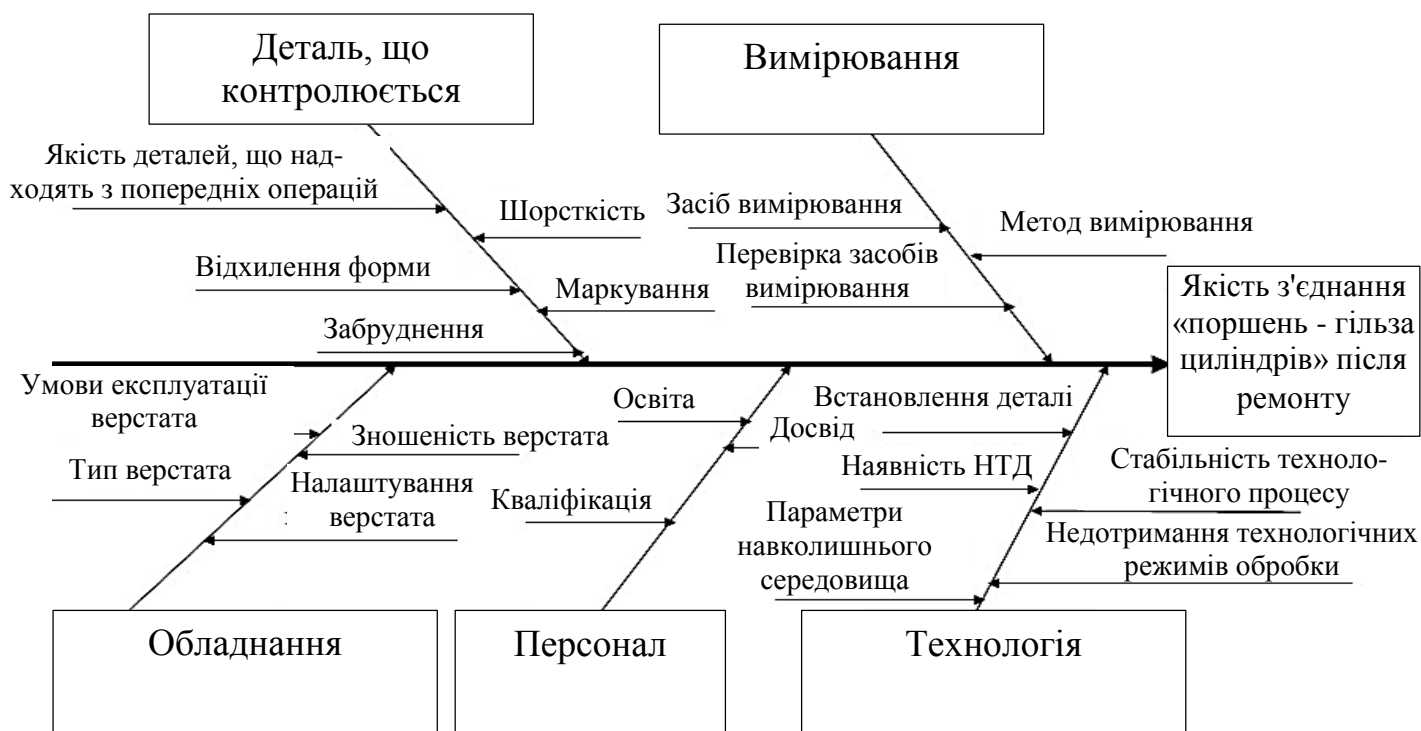


Рисунок 1.3 - Діаграма Ісікави - параметри, що впливають на якість з'єднання «поршень - гільза циліндрів» після ремонту

Діаграма Парето представляє собою стовпчастий графік, «... кожен стовпчик якого відповідає окремому фактору, що є причиною виникнення дефекту або проблеми. Висота стовпчика відповідає частці фактора від загальної величини дефектів або втрат. Далі за даними будується кумулятивна крива» [22].

З даних, отриманих на діаграмі Парето, можна зробити висновок про формування невеликого ряду причин, усунення яких дозволить суттєво зменшити брак на виробництві. Усувати причини браку в порядку їх значимості слід до тих пір, поки подальше поліпшення процесу не виявиться економічно доцільним [7].

Діаграму Парето доцільніше використовувати спільно з діаграмою Ісікава, «... так, з її допомогою можна оцінити результативність вжитих заходів щодо поліпшення

якості продукції або послуг, побудувавши її до і після внесення змін» [7] в технологічний процес.

При застосуванні діаграми Парето спільно з методом розшарування, можна побудувати діаграми по окремих агрегатах, цехам, змінах і т.д.

Гістограма - це стовпчастий графік, який побудований за отриманими даними за певний період часу. Висотою стовпчика є частота кожного з інтервалів.

За отриманими кривим розподілу можна судити про наявність браку, налаштованості процесу.

Крива розподілу може мати дві вершини, це свідчить про об'єднання двох розподілів з різними середніми значеннями (два верстати, матеріали, виконавця). У цьому випадку необхідно провести розшарування за двома чинниками, досліджувати причини прояву відмінності і вжити необхідних заходів для усунення.

Діаграму розкиду використовують для виявлення залежності між показниками. Прикладом для виявлення залежності між показниками якості та основними факторами виробництва при аналізі діаграми Ісікава.

Діаграмою розкиду є графік залежності між двома параметрами. За допомогою діаграми розкиду аналізують залежність між причиною і наслідком.

Для побудови діаграми розкиду на осі абсцис відкладають значення параметра, на осі ординат - функції. Дані вимірювань зображують точками на графіку. Для достовірних результатів кількість даних повинно бути не менше 30. По виду діаграми розкиду судять про наявність або відсутність кореляційної залежності між двома параметрами.

По виду діаграми розкиду судять про характер кореляційної залежності. Залежність може бути пряма, зворотна або зовсім відсутня.

Діаграма розкиду дозволяє вирішувати безліч питань, наприклад, встановити залежність точності обробки деталі від параметрів верстата, технологічної оснастки, інструменту, визначити залежність прибутку від зменшення браку та ін.

Контрольний листок - інструмент для збору даних і їх упорядкування для полегшення при подальшому використанні зібраної інформації.

У них заноситься інформація про контрольований показник, або дефекти виробу, або про причини дефектів, і т.п. Форма листка залежить від його призначення. Розрізняють контрольні листки: для реєстрації розподілу вимірюваного параметра, для реєстрації виду дефекту, локалізації дефектів, причин дефектів і т.д. Багато з них стандартизовані, але стосовно до конкретного робочого місця доцільно вибирати підходящу форму. При розробці контрольного листка необхідно обов'язково залучати виконавця.

Але наявні в даний час види контрольних листків не дозволяють економічно оцінити внутрішні і зовнішні втрати від дефектів

Метою збору даних в процесі контролю може бути: контроль і регулювання виробничого процесу; аналіз відхилень від встановлених вимог; контроль якості продукції [7].

Контрольні карти є одним з основних інструментів статистичного контролю якості. Вони являють собою різновид лінійного графіка, що відображає значення регульованої характеристики в часі із зазначенням контрольних меж. Контрольні карти дозволяють визначити прояв особливих причин і негайно впливати на технологічний процес, не допускаючи виходу за встановлені межі. Залежно від цілей аналізу і виду показників контрольні карти підрозділяються на різні типи.

Метою контрольних карт є виявлення неприродних змін до даних їх повторюваних процесів і дати критерії для виявлення відсутності статистичної керованості. Існує два види контрольних карт: для кількісних і альтернативних даних.

Контрольні карти для кількісних даних підрозділяються на [17]:

- карти середнього і розмахів або вибіркового стандартного відхилення;
- карти індивідуальних значень і ковзаючих розмахів;
- карти медіан і розмахів.

Контрольні карти для альтернативних даних діляться на [17]:

- карти часткою невідповідних одиниць продукції або карти числа невідповідних одиниць;
- карти числа невідповідностей або карти числа невідповідностей на одиницю продукції.

1.6 Опис об'єкта дослідження

Інтенсивність сільськогосподарського виробництва нерозривно пов'язана зі збільшенням обсягу транспортних робіт. В Україні в сільському господарстві обсяг вантажоперевезень на гектар ріллі становить близько 50 тонн різних вантажів і надалі цей показник буде збільшуватися в зв'язку з ростом питомої продуктивності в галузі.

Автомобілі, які використовуються в сільському господарстві, повинні відповідати певним експлуатаційним вимогам, продуктивністю, до неї відносяться маса вантажу, що перевозиться, середня швидкість руху. Це в свою чергу залежить від потужності двигуна, надійності автомобіля, стану дорожнього покриття, плавності ходу і інших чинників.

Внаслідок того, що відбувається збільшення вартості запасних деталей виробнику сільськогосподарської продукції, не завжди дозволяють купувати нові деталі і агрегати. У зв'язку з цим відбувається збільшення навантаження на вже експлуатовану техніку в сільському господарстві. При таких умовах роботи підвищується інтенсивність зношування деталей, вузлів і агрегатів техніки. За рахунок якісного ремонту витрати на покупку нових запасних частин знизяться, скоротяться витрати за рахунок зменшення неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей і збережеться працездатність машин [15].

Завдяки вищевикладеному, виникла необхідність контролю якості обробки робочої поверхні гільзи циліндрів і її подальшого складання з поршнем.

Будь-яке підприємство або людина, що виконує складний ремонт техніки, стикалася з проблемою якості запасних частин. Особливо гостро дана проблема стоїть при ремонті такого складного пристрою як двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), де навіть незначна розбіжність номінальних показників з передбачуваними, неминуче веде до зниження ресурсу, збільшення витрати технічних рідин і, як наслідок, зростання поточних витрат.

Одним з основних вузлів автотракторних двигунів є циліндропоршнева група (ЦПГ). Саме від надійної роботи деталей даної групи залежать показники двигуна.

Гільза циліндра і поршень утворюють пару, яка підбирається індивідуально по величинам граничних зазорів. Найменший зазор в парі тертя «поршень - циліндр»,

забезпечує відсутність натягу при прогріванні деталей до робочої температури, тому що зазвичай матеріал поршня і циліндра відрізняються своїм тепловим коефіцієнтом розширення. Найбільший зазор в парі тертя повинен бути якомога ближче до найменшого, але через похибки виготовлення деталей, що утворюють з'єднання, виражених у вигляді допусків на обробку, такого ідеального випадку досягти практично неможливо. В процесі початкової роботи двигуна відбувається припрацювання, створюється певний масляний клин в парі тертя «поршень - циліндр», за допомогою цього і досягаються найкращі режими і ефективність роботи кожного циліндра і всього ДВЗ в цілому. В наслідок цього до проектування, виготовлення і ремонту деталей ЦПГ повинні застосовуватися підвищені вимоги в галузі забезпечення норм точності та взаємозамінності.

За термін експлуатації вітчизняної автотракторної техніки деталі ЦПГ піддаються 2- 3-х кратній заміні. При цьому недотримання вимог до якості запасних частин може призвести до серйозних наслідків і буде потрібно додаткове перебирання двигуна, що дуже дорого обходиться підприємству по ремонту машин [6].

1.6.1 Конструктивні характеристики об'єкта дослідження

В якості об'єкта досліджень було вибрано з'єднання «поршень - гільза циліндрів» бензинового двигуна сімейства ЗМЗ-402 з робочим об'ємом 2,5 л. Даний двигун встановлений на вантажні автомобілі малої вантажопідйомності, що використовуються в якості перевезень в сільському господарстві, такі як ГАЗ Газель і ГАЗ Соболь. Саме ці машини є незамінними вантажоперевізниками як в області фермерського господарства, так і для великих аграрних холдингів. Дані автомобілі відрізняються низькою ціною, простотою конструкції, невибагливістю в експлуатації і хорошою ремонтпридатністю. Схема гільзи циліндрів двигуна ЗМЗ-402 представлена на рис. 1.4. Основні технічні характеристики гільзи циліндрів подано в таблиці 1.4.

Гільзи ЗМЗ виготовляються з сірого легованого чавуну ІЧГ33М (табл. 1.5, рис. 1.5). Застосування даного сплаву обумовлено переважною зносостійкістю в третьовій парі при досить високій твердості 217 ... 250 НВ, деталі мають високу герметичність. У таблиці 1.6 представлені види невідповідностей гільз циліндрів і їх наслідки.

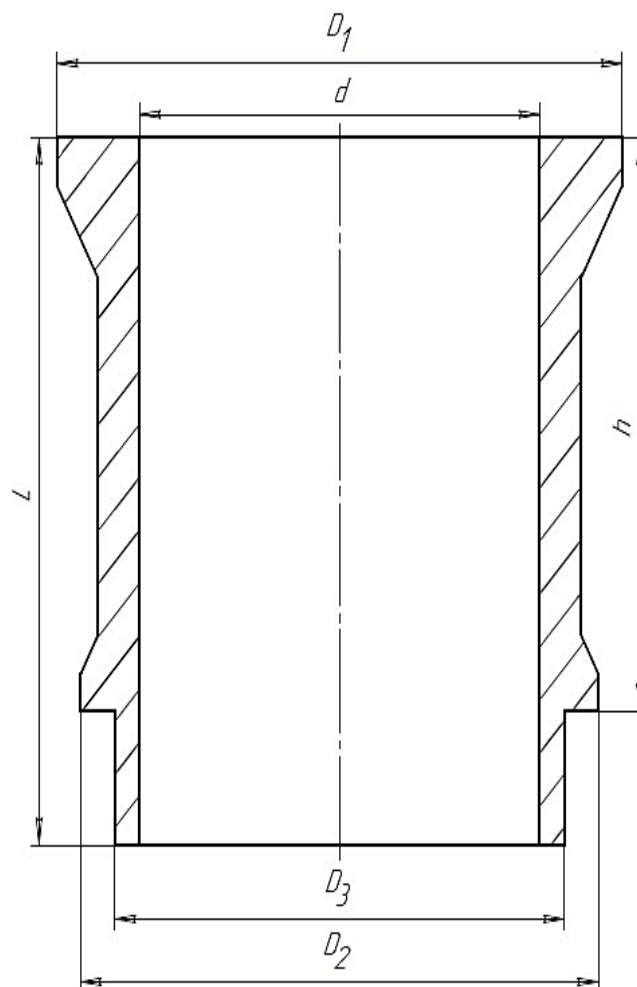


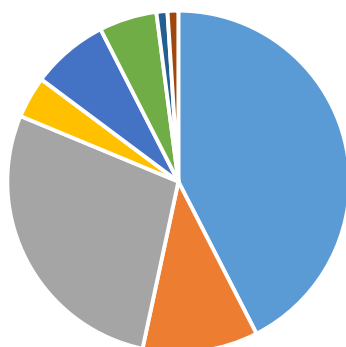
Рисунок 1.4 - Гільза циліндрів двигуна ЗМЗ-402

Таблиця 1.4 - Основні технічні характеристики гільзи циліндрів двигуна ЗМЗ

Параметр	Позначення на кресленні	Номінальне значення
Висота гільзи	L	170 _{-0,53} мм
Висота від верхнього торця гільзи до напологливої бурту	h	117,8 _{-0,024} мм
Діаметр верхнього центрує паска	D_1	Ø112 ± 0,27 мм
Діаметр нижнього центрує паска	D_2	Ø110 ± 0,27 мм
Діаметр посадкового паска	D_3	100,0 ^{-0,030} _{-0,075} мм
Внутрішній діаметр гільзи	d	92,0 ^{+0,084} _{+0,024} мм
Матеріал	-	ІЧГ-33М
Твердість	-	217-250 НВ
Шорсткість дзеркала циліндра	-	Ra 1,32 мкм
Маса гільзи циліндрів	-	2,4 кг

Таблиця 1.5 - Хімічний склад сірого легованого чавуну ІЧГ-33М

C	Mn	Si	P	Cu	Cr	V	Ti
3,3-3,7	0,6-1,2	2,0-2,6	0,2-0,45	0,4-0,8	0,3-0,6	0,02-0,15	0,02-0,15



■ C ■ Mn ■ Si ■ P ■ Cu ■ Cr ■ V ■ Ti

Рисунок 1.5 - Середній вміст хімічних елементів легованого чавуну ІЧГ-33М

Таблиця 1.6 - Види невідповідностей для гільз і призводять до них наслідки

Види невідповідностей	Наслідки
Відсутність або неправильне маркування внутрішнього діаметра гільзи циліндрів	Втрата потужності, збільшення витрати масла, стукіт і надир ЦПГ.
Відсутність або неправильне маркування по висоті гільзи циліндрів	Сприятиме незабезпеченню ущільнення газового стику, можливий прорив газу в порожнині водяної сорочки, потрапляння охолоджувальної рідини в циліндр, що призведе до перегріву двигуна, викривлення головки циліндрів і надир ЦПГ.
Допуск овальності і конусоподібності перевищує допустиме значення	Може привести до стуку при експлуатації двигуна, підвищеної витрати масла і палива, зниження потужності двигуна і скорочення його ресурсу
Твердість гільзи циліндрів занижена від вимог конструкторської документації	Послужить надиру ЦПГ, стукам в двигуні і зниженню зносостійкості
Діаметр посадкового паска не витриманий	Неможливо або важко встановити гільзу в циліндр
Невідповідність хімічного складу	Послужить зниження зносостійкості і скорочення ресурсу двигуна
Перевищення допустимого значення допуску паралельності посадкового паска відносно внутрішньої поверхні	Утруднена або зовсім неможлива установка гільзи в блок циліндрів. У разі встановлення порушується співвісність, можливе заклинювання двигуна.

Поршень двигуна ЗМЗ-402 представлений на рис. 1.6. Характеристики поршня двигуна ЗМЗ-402 представлені в таблиці 1.7, а в таблиці 1.8 наведені невідповідності поршня вимогам, що пред'являються і наслідки від їх наявності.

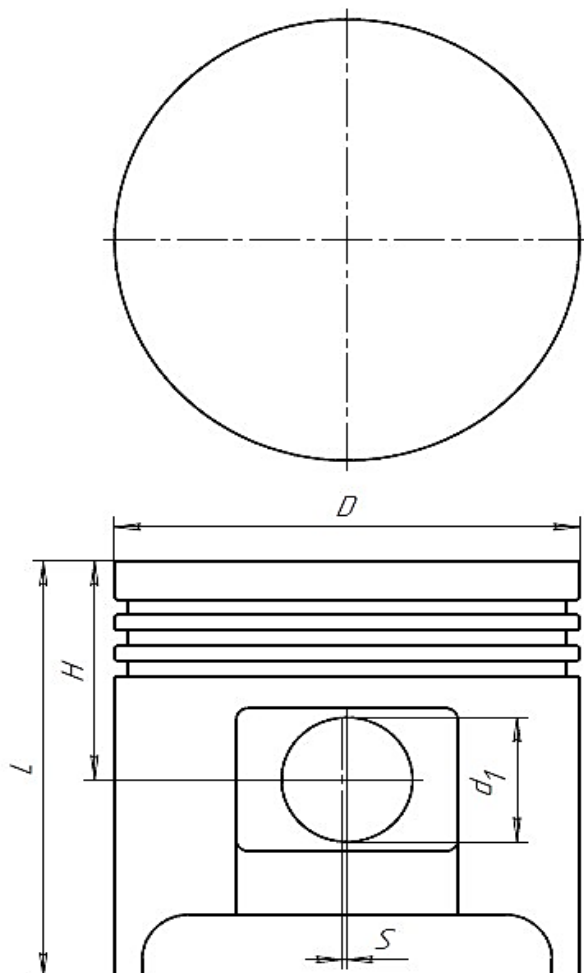


Рисунок 1.6 - Схема поршня двигуна ЗМЗ-402

Таблиця 1.7 - Основні характеристики поршня двигуна ЗМЗ-402

Параметр	Позначення на кресленні	Номінальне значення
Діаметр поршня	D	$92,0^{+0,048}_{-0,012}$ мм
компресійна висота	H	$51,0 \pm 0,07$ мм
Висота поршня	L	$92_{-0,87}$ мм
Діаметр отвору під поршневий палець	d_1	$22_{-0,01}$ мм
Зсув отвору під поршневий палець	s	$1,5 \pm 0,1$ мм
Маса	-	$0,525 \pm 0,002$ кг
Матеріал	-	АК12ММГН

Таблиця 1.8 - Види невідповідностей для поршня і можливі наслідки

Види невідповідностей	Наслідок
Відсутність або неправильне маркування діаметра спідниці поршня	Призведе до втрати потужності, збільшення витрати масла, стукіту і надиру ЦПГ
Шорсткість спідниці поршня перевищує допустиме значення	Можливі задири, стук в двигуні, зниження потужності двигуна і підвищена витрата масла
Шорсткість отвору під поршневий палець перевищує допустиме значення	Можливе заклинювання палиця і руйнування поршня
Недотримання перпендикулярності утворюючих торцевих поверхонь канавок до осі спідниці поршня	Призведе до підвищеної витрати масла або руйнування поршня
Перевищення допустимого значення поршня по масі	Призведе до вібрацій двигуна, гучної роботи, виникнення високих напружень при високих оборотах, що призведе до руйнування двигуна
Невідповідність матеріалу поршня за хімічним складом	Можливі задири, прогар і руйнування поршня
Неправильне маркування поршня під поршневий палець	Призведе до стуку в двигуні і руйнування поршня

Комплектація поршнів і гільз циліндрів двигуна ЗМЗ проводиться методом селективного підбору на п'ять розмірних груп. Кожній гільзі циліндрів, відповідної по внутрішньому діаметру заданої розмірної групи, підбирається поршень за величиною діаметра спідниці з аналогічною розмірною групою. Маркування розмірних груп розташовується на днищі поршня і наноситься ударним способом. У таблиці 1.9 представлені групи селекції «поршень - гільза циліндрів» двигуна ЗМЗ.

Таблиця 1.9 - Розмірні групи для комплектації з'єднання «поршень - гільза циліндрів» двигунів ЗМЗ-402

Позначення групи	Діаметр отвору гільзи циліндрів, мм	Діаметр поршня, мм	Граничні групові зазори, мкм
А	$92^{+0,036}_{+0,024}$	$92_{-0,012}$	$S_{гр\ min} = 24$ $S_{гр\ max} = 48$
Б	$92^{+0,048}_{+0,036}$	$92^{+0,012}$	
В	$92^{+0,060}_{+0,048}$	$92^{+0,012}_{+0,024}$	
Г	$92^{+0,072}_{+0,060}$	$92^{+0,036}_{+0,024}$	
Д	$92^{+0,084}_{+0,072}$	$92^{+0,048}_{+0,036}$	

Комплектація деталей типу «поршень» з деталями типу «циліндр» допускається і в разі підбору деталі з сусідньої групи. З'єднання деталей, розташованих через групу - не допускається.

Також гільзи повинні бути підбрані по висоті – контролюється розмір «верхній торець гільзи - упорний бурт», гільзи за цим параметром упорядковано на дві розмірні групи і марктруються синьою або зеленою фарбою. Маркування по параметру висоти ставиться на зовнішній поверхні гільзи, яка не схильна до обробки. У комплекті на один блок циліндрів гільзи повинні бути тільки одного кольору. «Різнобарв'я» в моторокомплектах не допускається. На рис. 1.7 представлений приклад маркування гільз циліндрів по висоті і внутрішньому діаметру.

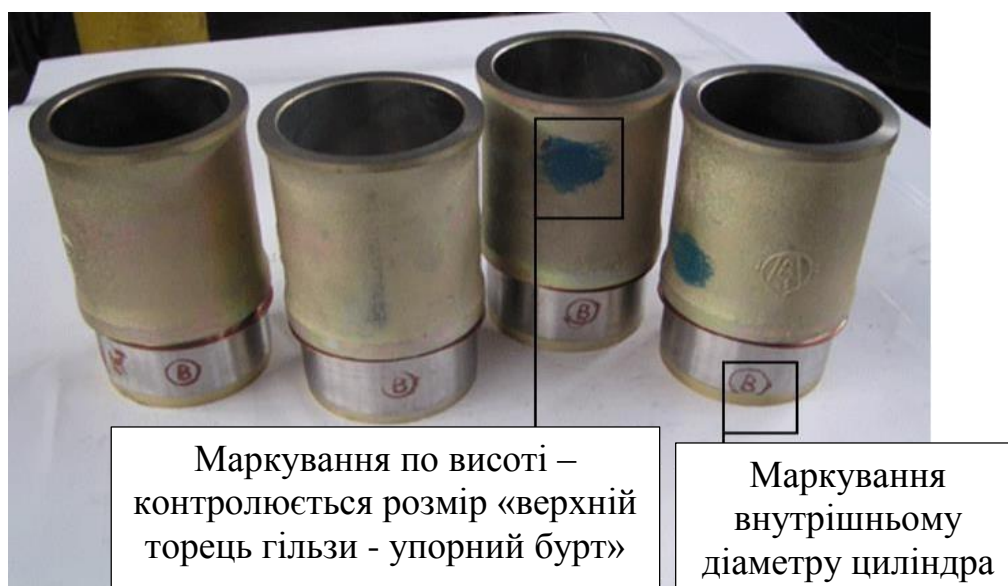


Рисунок 1.7 - Приклад маркування гільз циліндрів

Поршневі пальці упорядковано на чотири розмірні групи (промарковані відповідно різними кольорами: білий, зелений, жовтий, червоний - на ваговій бобищі). Причому вимірювання повинні здійснюватися приладами і дискретністю відліку 0,1 мкм з метою забезпечення заданої точності контролю і складання. У двигун встановлюється кожен окремий поршень в зборі з поршневим пальцем тільки однієї розмірної групи [4]. У двигун можуть бути встановлені чотири пари різних кольорів, так як це ніяк не впливатиме на працездатність вузла в цілому. У таблиці 1.10 представлена маркування розмірних груп поршневого пальця.

Таблиця 1.10 - Маркування розмірних груп поршневого пальця

Відповідність кольору розмірній групі		Діаметр, мм
Кольорове	цифрове	
білий	I	22,0000 ... 21,9975
зелений	II	21,9975 ... 21,9950
жовтий	III	21,9950 ... 21,9925
червоний	IV	21,9925 ... 21,9900

Маркування на ваговій бобишці



Рисунок 1.8 - Маркування поршнів під поршневий палець

На рис. 1.8 представлено маркування поршнів під поршневий палець.

Технічною документацією нормується різниця в масі комплектів «поршень - шатун» в зборі, які повинні бути встановлені в один двигун, ця різниця не повинна бути більше 12 г. Така величина допуску по масі формується методом простого підбору деталей, що входить в комплект, але рекомендується досягати такого параметра за рахунок заміни шатунів [4].

1.6.2 Аналіз дефектів гільз циліндрів

При експлуатації гільзи циліндрів можуть бути дефекти такі, як тріщини, знос посадочних пасків, знос внутрішньої і зовнішньої поверхонь, відхилення від форми, перевищення допустимої шорсткості, злам бурту.

У таблиці 1.11 представлені основні дефекти гільз циліндрів.

Основними причинами зношування внутрішньої поверхні гільзи циліндрів є потрапляння пилу, внаслідок чого робоча поверхня гільзи циліндрів піддається абразивному і механічному зношуванню [10]. При цьому, гільза циліндрів зношується в верхній частині більше, ніж в нижній, тому що у верхній частині тиск значно вище, ніж в нижньому.

Таблиця 1.11 - Основні дефекти гільз циліндрів

№ п/п	Дефект	Висновок
1	Тріщини	Бракувати
2	Знос зовнішньої поверхні	Нанесення полімерних композицій на зношені поверхні
3	Злам бурту	Пластична деформація, наплавлення або приварка сталеві стрічки з наступною механічною обробкою
4	Знос посадочних пазів	Пластична деформація, наплавлення або приварка сталеві стрічки з наступною механічною обробкою
5	Спрацювання робочої (внутрішньої) поверхні гільзи циліндрів	Розточування до наступного ремонтного розміру. При розмірі понад 93,0 мм - бракувати
6	Шорсткість перевищує допустиме значення	Розточування до наступного ремонтного розміру
7	Відхилення форми	Розточування до наступного ремонтного розміру

Причинами появи тріщин можуть бути: перегрів двигуна через перевищення допустимого навантаження; неповноцінні роботи системи охолодження; порушення технології ремонту (наприклад, перекіс при запресовування). Через різкі перепади температур (надмірного нагріву і різкого охолодження) на поверхні гільзи можуть з'являтися мікротріщини, які під дією навантажень і температур можуть привести до руйнування гільзи [22], внаслідок чого ЦПГ може втратити працездатність.

Причиною зносу зовнішньої поверхні гільзи є кавітаційне руйнування [19]. Наявність даного дефекту може привести до утворення масляної емульсії – змішування охолоджуючої рідини з моторним маслом, також охолоджуюча рідина може забруднитися моторним маслом [3].

Основними причинами зламу бурту є нерівності і перекося в області сідла буртика, наявність сторонніх часток при запресовуванні, недотримання технології ремонту гільзи циліндрів [4], якщо даний дефект не буде вчасно виявлено, то після пуску двигуна зламана гільза зрушиться в напрямку колінчастого вала, і як тільки місце зламу виявиться на висоті першого поршневого кільця, поршневі кільця вискочать вище місця зламу. При зворотному ході поршня він втисне гільзу циліндра. Таким чином колінчастий вал розіб'є гільзу, також будуть пошкоджені поршень і шатун. Ознакою зносу посадочних пасків є глибокі раковини на поверхні пасків, що є наслідком кавітації і корозії [22]. Також знос посадочних пасків може викликати вібрації в процесі експлуатації двигуна [9].

1.6.3 Способи відновлення гільз циліндрів

В процесі експлуатації двигунів у гільз циліндрів утворюються такі дефекти, як знос внутрішньої поверхні, знос посадочних пасків і поверхні нижнього опорного бурту, кавітаційне руйнування, відхилення від форми, збільшення шорсткості, нагар, тріщини, задири, раковини. Основним дефектом гільзи циліндрів є знос внутрішньої поверхні.

В даний час існує декілька способів відновлення робочої поверхні гільз циліндрів. Способи відновлення представлені на рис. 1.9.

Кожен спосіб має свої переваги і недоліки. Порівняльна характеристика способів ремонту представлена в таблиці 1.12.

При виборі способу відновлення робочої поверхні гільз циліндрів необхідно враховувати наступні фактори: величину зносу, вид зносу, стан гільзи, матеріал гільзи, наявність дефектів на всіх поверхнях гільзи, річну програму ремонту. Також необхідно враховувати вартість робіт по ремонту. При більш низькій шорсткості поверхні і з збільшенням точності вартість обробки буде різко зростати. Найменша вартість відповідає розточуванню під ремонтний розмір, також досягається висока шорсткість і продуктивність.

Розглянемо кожен спосіб докладніше.

При термопластичній деформації зменшують внутрішній діаметр гільзи при швидкому нагріванні зовнішньої поверхні і одночасному охолодженні внутрішньої поверхні.

Спосіб гальванічного відновлення полягає в осадженні на зношену внутрішню поверхню гільзи циліндрів зносостійких металів з металовмісних електролітів. Існують способи гальванічного покриття такі як: залізніння, хромування, запресовування хромованих втулок в верхню частину гільзи [2, 13].

Таблиця 1.12 - Порівняльна характеристика способів ремонту робочої поверхні гільзи циліндрів

№ п/п	Спосіб	Переваги	Недоліки
1	Термопластичне деформування	- не потрібні додаткові матеріали, - висока продуктивність.	- необхідність термообробки для зняття внутрішніх напружень, - зміна розмірів внутрішньої поверхні гільзи за рахунок неповного зняття внутрішніх напружень.
2	В області гальванічних покриттів	висока продуктивність, - захист від корозії, - відсутність термічного впливу на деталі.	- невелика товщина покриття, що наноситься - нерівномірність нанесеного шару і недостатня міцність зчеплення покриття з робочою поверхнею, - низька продуктивність.
3	Наплавлення і напилення покриттів	- висока зносостійкість, - збільшення ресурсу.	- низька надійність через недостатню міцність зчеплення покриття з основним металом
4	Постановка сталевих вставок	- можливість багаторазового відновлення	- висока трудомісткість і собівартість, - знос поршневих кілець.
5	Розточка під ремонтний розмір	- висока продуктивність, - низька собівартість, - не потрібні спеціальні установки з нарощування металу.	- необхідність наявності поршнів і кілець ремонтних розмірів, - витрата матеріалу гільзи при розточуванні, - малий ресурс розточеної гільзи.

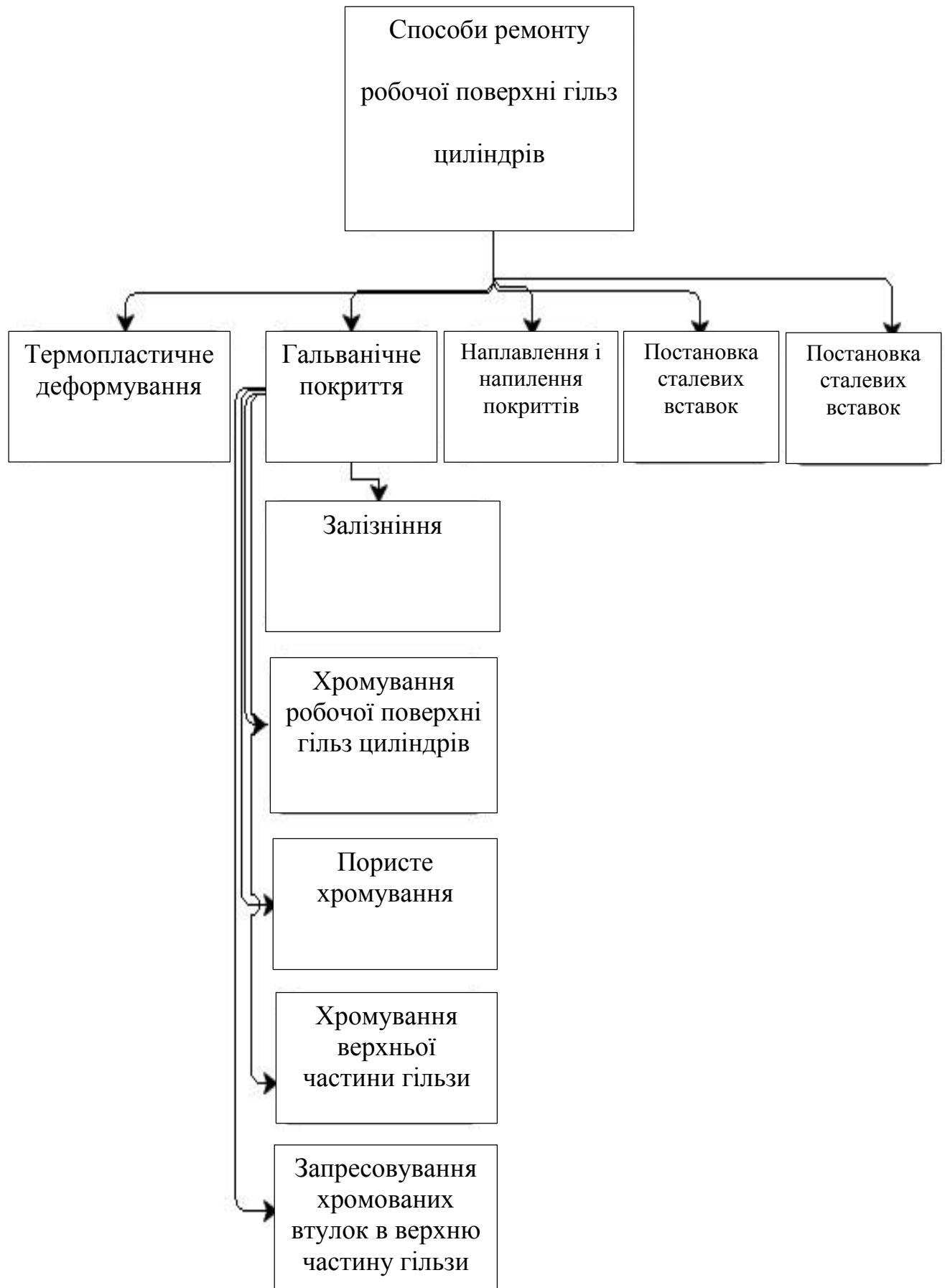


Рисунок 1.9 - Способи ремонту робочої поверхні гільз циліндрів

Спосіб відновлення наплавленням робочої поверхні гільзи зносостійкими порошковими матеріалами полягає в наступному. Гільза закріплюється в патроні механізму з горизонтальною віссю обертання, на робочу поверхню насипається порошок, всередину гільзи вводиться індуктор і здійснюється нагрівання при обертанні гільзи. При досягненні заданої температури відбувається сплавлювання порошку і матеріалу гільзи [8].

При способі відновлення постановкою сталевих вставок, запресовують зносостійкі термооброблені стрічки товщиною 0,2-0,7 мм по внутрішньому діаметру гільзи циліндрів.

На даний момент найбільш поширеним способом ремонту робочої поверхні гільз циліндрів є розточування під ремонтний розмір через його простоту і доступність обладнання. Сутність даного методу полягає в розточуванні гільзи по внутрішньому діаметру до наступного ремонтного розміру. Ремонтний розмір – заздалегідь встановлений розмір, що відрізняється від номінального, під який обробляється/ремонтується деталь. Різні виробники встановлюють певну кількість ремонтних розмірів - від 1 до 3. Даним методом ремонтуються багато моделей двигунів, як вітчизняних, так і зарубіжних - ЯМЗ-236, 238; ЗиЛ-508.10; ЗМЗ-5233, 406, 402; УЗАМ-3317, 3313; Chrysler, АМС 242, і т.д.

1.7 Висновок

Отже, з'єднання «поршень - гільза» є найважливішим елементом двигуна внутрішнього згоряння, яке вимагає гарантованого забезпечення заданого ресурсу роботи. При капітальному ремонті сільськогосподарської техніки все з'єднання «гільза - поршень» підлягають комплектації і селективній збірці, причому поршні замінюються на нові, а гільзи в більшості випадків обробляються під ремонтний розмір.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ З'ЄДНАННЯ «ПОРШЕНЬ - ГІЛЬЗА»

2.1 Селективне складання і метод групової взаємозамінності

Одним із способів підвищення точності складання деталей є метод групової взаємозамінності або селективне складання.

В даний час розроблена і успішно впроваджується у виробництво так зване селективне складання, яке виключає багато неприємностей, пов'язаних із виконанням посадок підвищеної точності. Селективне складання може бути використане і тоді, коли потрібне підвищення точності з'єднання без зменшення допусків на обробку деталей, що з'єднуються, і тоді, коли потрібно розширити допуски на обробку проти розрахункових до економічно доцільних при збереженні заданої точності. Селективне складання застосовується не тільки в з'єднаннях деталей циліндричної форми, а й в з'єднаннях інших більш складних за формою деталей.

Суть методу селективного складання (рис. 2.1) полягає в тому, що деталі з'єднання, виготовлені в межах техніко-економічно доцільного допуску, сортують на кілька груп перед складанням, далі виконують складання за однойменною групою. В результаті такої збірки з'єднання виходять з найменшими коливаннями зазору або натягу, тобто точніші [15].

Переваги методу селективного складання:

- можливість отримання з'єднань такої точності, яка недосяжна або економічно недоцільна на наявному технологічному обладнанні;
- більш дешево виготовлення деталей за рахунок розширення полів допусків;
- значне збільшення довговічності рухомих з'єднань і забезпечення більш стабільних натягів в нерухомих з'єднаннях;
- можливість більш широкого використання стандартних посадок, особливо перехідних;
- значне спрощення рішення розмірних задач.

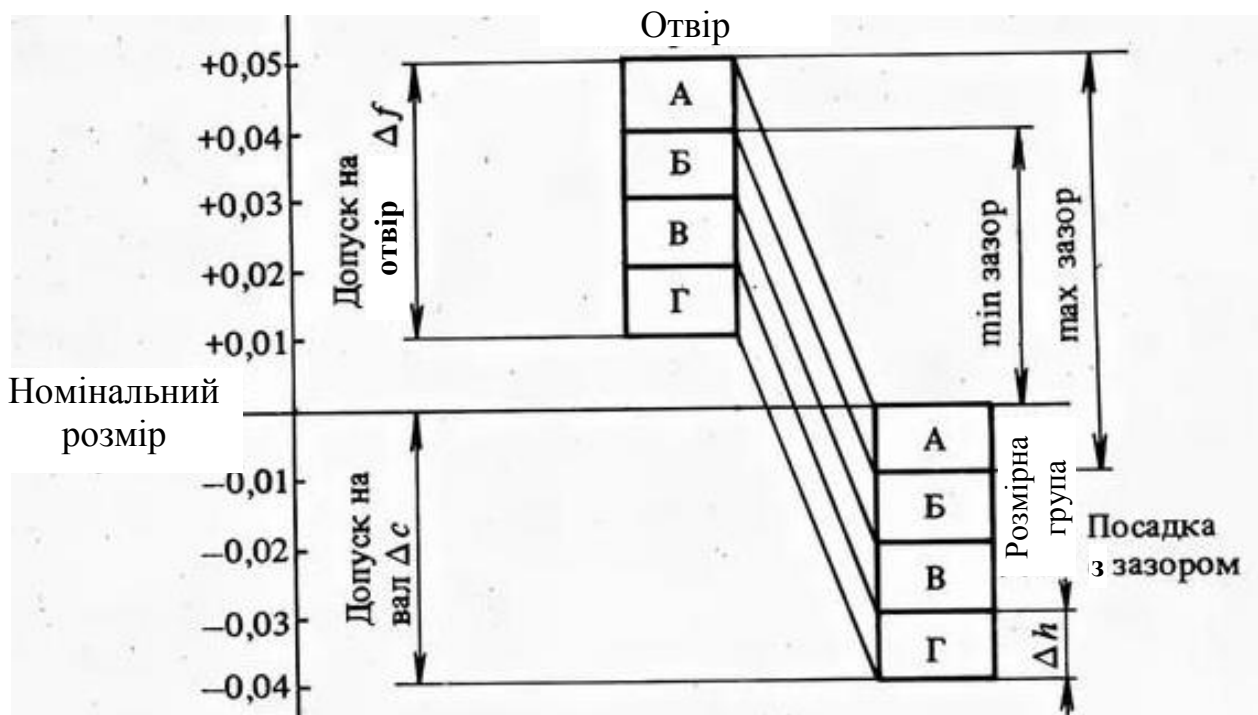


Рисунок 2.1 - Сутність селективного складання

Недоліками селективного складання є:

- застосування селективного складання призводить до додаткових витрат, пов'язаних з оплатою сортувальникам, або з додатковими витратами, пов'язаними з введенням в технологічний процес сортувальних автоматів;
- підвищуються вимоги до точності геометричної форми деталей і їх шорсткості. Похибка форми деталі повинна укладатися в груповий допуск. Шорсткість поверхні деталей необхідно добре пов'язувати з груповим допуском. Якщо висота нерівностей буде близька до групового допуску, то з'єднання буде недовговічним;
- збільшується потреба в калібрах;
- зі збільшенням числа груп селекції різко зростає незавершене виробництво деталей внаслідок різного числа їх в парних групах. Це основний недолік селективного складання (групове сортування).

Домогтися рівності деталей в групах можна за таких умов в масовому або великосерійному виробництві:

- 1) налаштувати верстат необхідно так, щоб вершина кривих розсіювання лежала на ординаті, що проходить через середину поля допуску. У цьому випадку

крива розподілу наблизатиметься до кривої Гауса і робота в групах може бути проведена розподілом допуску на рівні частини.

2) управління роботою верстата на фінішних операціях повинно бути автоматичним, в цьому випадку крива розподілу матиме постійний вид.

3) вимірювати деталі на фінішних операціях слід універсальними засобами вимірювань, а не калібрами, тоді перехід деталей в з'єднання груп через похибки вимірювань буде мінімальним.

При ремонті для вирішення поставленого завдання необхідно вивчити фактичну гістограму, отриману для деталей, які виготовляються або ремонтуються на певному верстаті. Для підтримки стабільності кривих розподілу необхідно, щоб на цих верстатах працювали одні і ті ж виконавці і застосовувався інструмент одного і того ж типу [4, 5]. На підставі отриманих кривих встановлюють групи.

У процесі сортування деталей необхідно весь час стежити за їх парністю в групах. Для груп, в яких порушена парність, необхідно вирівнювати їх шляхом підгонки під заданий розмір.

Одним з видів селективного складання є метод групової взаємозамінності. Суть методу полягає в тому, що за рахунок зменшення групових допусків в два рази можна з'єднувати деталі з сусідніх груп, що входять в одну селективну групу між собою (рис. 2.2). При цьому мінімальний груповий зазор залишається тим же, а максимальний груповий зазор зменшиться.

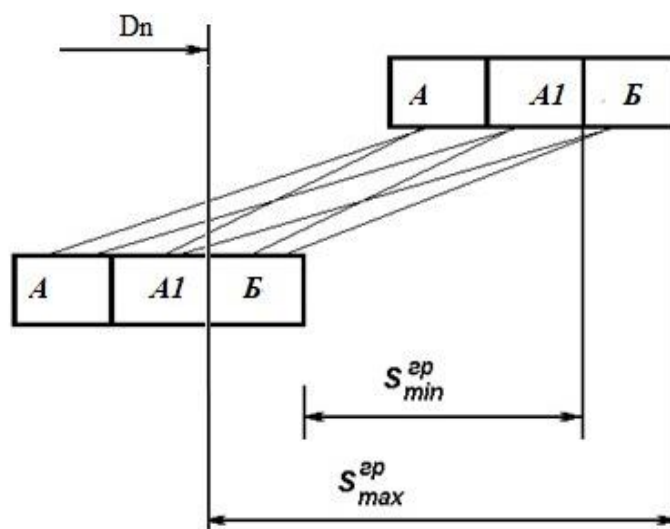


Рисунок 2.2 - Суть методу групової взаємозамінності

Даний метод дозволяє проводити складання з'єднань в умовах дрібносерійного і ремонтного виробництва при наявності незавершеного виробництва. При цьому необхідна висока точність вимірювань параметрів деталей, що входять в з'єднання.

Якщо не застосовувати селективне складання, то найбільший початковий зазор в посадці буде дорівнює:

$$S_{max} = S_{min} + T_d + T_D. \quad (2.1)$$

Додатковий запас на знос, який забезпечується шляхом розбиття на п'ять груп при використанні селективного складання, дорівнює:

$$I_{\partial} = S_{max} - S_{gp\ max}. \quad (2.2)$$

Величина групового допуску визначається шляхом ділення технологічного допуску на кількість груп селекції.

$$T_{gp\ d} = T_{gp} D = T / n. \quad (2.3)$$

При збільшенні груп селекції групові допуски дорівнюватимуть:

$$T_{gp\ d} = T_{gp} D = T / N, \quad (2.4)$$

де N - кількість груп, при збільшенні груп селекції в два рази.

Найбільший початковий зазор в посадці при збільшенні груп селекції в 2 рази буде дорівнює:

$$S_{gp\ max} = S_{gp\ min} + T_{gp\ d} + T_{gp} D. \quad (2.5)$$

Тоді додатковий запас на знос

$$I_{\partial} = S_{max} - S_{gp\ max}. \quad (2.6)$$

Таким чином, застосування методу групової взаємозамінності дозволить значно зменшити втрати, пов'язані з виникненням незавершеного виробництва і вишукати резерви для додаткового запасу на знос, що підвищить загальну якість складання в цілому.

2.2 Визначення оптимального числа груп селекції з умови якості контролю

У разі, якщо допуск при розрахунку дуже малий, а способи відновлення і обробки дешеві (нераціонально вдаватися до більш дорогого), можливе застосування селективного складання.

Використання цього методу вимагає додаткових витрат, пов'язаних з необхідністю контролю деталей при розбивці їх на групи, що має враховуватися в моделі оптимізації.

Через збільшення кількості груп такий процес буде більш трудомістким і вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу, при цьому значна кількість деталей буде помилково (через наявність похибки вимірювання) потрапляти в сусідні групи, що відіб'ється на якості ремонту і забезпечення заданого ресурсу і ймовірності безвідмовної роботи [6]. Тому необхідно встановити оптимальну кількість груп селекції з точки зору якості складання [8].

Розглянемо рис. 2.3, на якому показано реальний розподіл розсіювання розмірів деталей по групах селекції, що виникає в результаті впливу похибки вимірювання $\pm \Delta \text{lim}$. На прикладі групи селекції *Б* видно, що частина деталей *n* з придатних для групи *Б* потрапляє в групу *В*, а інша - *m* - з групи *В* до групи *Б*.

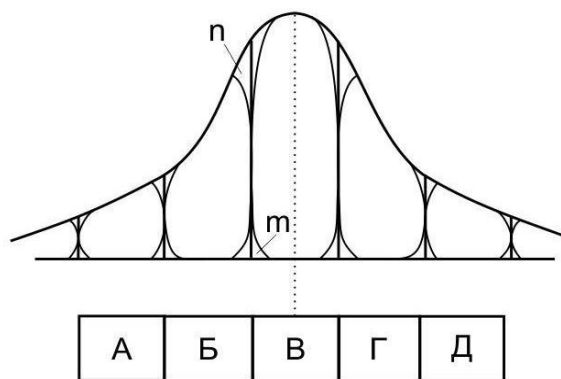


Рисунок 2.3 - Розсіяння розмірів деталей по групах селекції

Чим більше груп селекції, тим більше буде кількість *m* і *n*. Для селекції важливе, як потрапляння розмірів деталей в інші групи, так і з інших. Але, чим більше груп селекції, тим менше, наприклад, середній зазор в посадці, тим більше довговічність з'єднання. Маємо такий результат - зменшення середнього зазору або натягу в посадці підпорядковується наступній залежності:

$$\Delta S = 50 / N, \quad (2.7)$$

де ΔS - величина зменшення середнього зазору або натягу в посадці в процентах від конструктивного допуску;

N - число груп селекції.

Згідно РД 50-98-86, процес контролю є досить складним з точки зору математичного опису рішення при визначенні числа m і n .

Ймовірність того, що придатні деталі потраплять в іншу групу (за правилом множення незалежних подій), становить:

$$P_n = \int_{-\infty}^1 p(x) \cdot P_\sigma(x) dx, \quad (2.8)$$

де $p(x)$ - щільність розподілу вимірюваної величини в межах її поля розсіювання, що має відносну ширину ω / T ;

$P_\sigma(x)$ - ймовірність попадання продукції в іншу групу.

Ймовірність попадання деталей з іншої групи в досліджувану групу (за правилом множення незалежних подій):

$$P_m = \int_1^{+\infty} p(x) \cdot P_\sigma(x) dx, \quad (2.9)$$

де $P_\sigma(x)$ - ймовірність того, що продукція буде придатна.

Вплив точності обробки деталей на результати сортування по групах селекції виражається через відносну величину: T / σ .

Умова допуск дорівнює зоні розсіювання $T = \omega = 6\sigma$, що при селекції оптимально, так як виключається брак (для цього і проводиться селекція). Складемо таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Залежність відношення T / σ від числа груп селекції

Кількість груп	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Величина T / σ по межах груп	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	0	2	3	3,6	4	4,3	4,5	4,7	4,8
			0	1,2	2	2,6	3	3,3	3,6
					0	0,9	1,5	2	2,4
							0	0,7	1,2
									0

З таблиці 2.1 видно, що загальна формула для визначення відношення T / σ при N групах селекції буде виглядати так:

$$T / \sigma = 6Y / N, \quad (2.10)$$

де Y - парне (при N - парному) або непарне (при N - непарному) число від 0 до N .

Тепер можна підсумувати окремо n і m за результатами, представленими в таблиці 2.1.

На підставі аналізу якості контролю за Σm - кількості неправильно прийнятих деталей (з іншої групи) від кількості прийнятих та Σn - кількості, що потрапили в іншу групу (з досліджуваної групи) від кількості придатних, була складена таблиця 2.2, де прийнята гранична (для вибору засобів вимірювання) умова, що допустима похибка вимірювання дорівнює граничній, тобто $\pm \delta = \pm \Delta_{\text{lim}}$, при цьому коефіцієнт точності вимірювань $A_{\text{мет}} (\sigma) = 16\%$.

Таблиця 2.2 ілюструє наступне: краще використовувати меншу кількість груп селекції і бажано непарні (інша схема контролю, що не зачіпає максимуму щільності розподілу ймовірності контрольованої величини).

На рис. 2.4 представлено зміну параметрів Σm і Σn в залежності від числа груп селекції.

Визначимо емпіричним способом залежність $\Sigma (m + n)$, % від числа груп селекції для парного і непарного чисел N :

$$\Sigma (m + n) \text{ парне} = 15,100 \cdot N^{0,683}, \quad (2.11)$$

де коефіцієнт кореляції моделі $\rho = 0,996$, тобто модель підходить для вираження інших параметрів;

$$\Sigma (m + n) \text{ непарне} = 5,289 \cdot N^{1,082}, \quad (2.12)$$

де коефіцієнт кореляції моделі $\rho = 0,999$, тобто модель підходить для вираження інших параметрів.

Тепер можна скласти рівняння оптимізації:

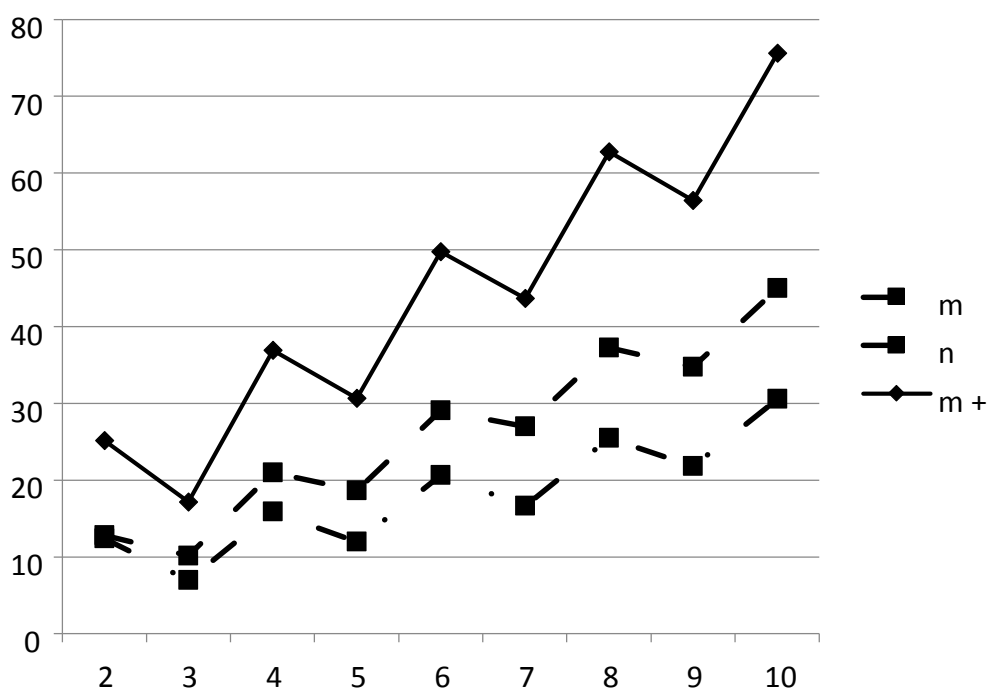
$$\Delta S + \Sigma (m + n) \rightarrow \min. \quad (2.13)$$

Вирішимо рівняння 2.11 і 2.12 для парного і непарного чисел груп селекції. З цією метою диференціюючи рівняння по N : $(50 \cdot N^{-1})' + (15,100 \cdot N^{0,683})' = 0$. Звідки $N_{\text{парне}} = 2,55$;

$$(50 \cdot N^{-1})' + (5,289 \cdot N^{1,082})' = 0. \text{ Звідки } N_{\text{непарне}} = 3,09.$$

Таблиця 2.2 - Зміна параметрів Σm і Σn в залежності від числа груп селекції

кількість груп	$A_{мет} (\sigma)$	$\Sigma m, \%$	$\Sigma n, \%$	$\Sigma (m + n), \%$
2	16	12,4	12,8	25,2
3	16	7,0	10,2	17,2
4	16	15,9	21,0	36,9
5	16	12,0	18,7	30,7
6	16	20,7	29,1	49,8
7	16	16,7	27,0	43,7
8	16	25,5	37,3	62,8
9	16	21,8	34,8	56,4
10	16	30,6	45,0	75,6

Рисунок 2.4 - Зміна параметрів Σm і Σn в залежності від числа груп селекції

Оскільки на практиці спостерігається зміщення центру розсіювання, то можливі взаємні переходи ($\Sigma (m + n)$ парне \leftrightarrow $\Sigma (m + n)$ непарне, через розбіжність, наприклад, межі (при трьох групах) другої групи з серединою центру розсіювання, тоді остаточно приймемо $n_{opt} \leq 3$ групи.

2.3 Організація процесу контролю гільз циліндрів

Безперервне і цілеспрямоване управління якістю на ремонтних підприємствах забезпечується цілим рядом заходів [12], що включає метрологічне забезпечення і

застосування статистичних методів управління якістю (рис. 2.5). Для цього потрібно сформулювати схему технічного контролю. У схему технічного контролю вносяться деталі і технологічні операції, для яких необхідно здійснювати вибіркового або обґрунтувати доцільність суцільного контролю. Також необхідно встановити періодичність, необхідне число перевірок і перевіряючих осіб.

Для відповідності проведеного моніторингу якості технологічного процесу вимогам сучасної системи менеджменту якості, необхідно визначити контрольні точки, де буде проводитися перевірка на відповідність. Контрольна точка (КТ) - місце в технологічному процесі ремонту, позначена з метою контролю деталей або процесів для визначення дефектів або невідповідностей. За результатами контролю робиться висновок, чи підлягає деталь для подальшої експлуатації, ремонту або деталь є непридатною і бракується остаточно [6].

На рис. 2.6 представлена схема розташування контрольних точок в технологічному процесі ремонту гільзи циліндрів.

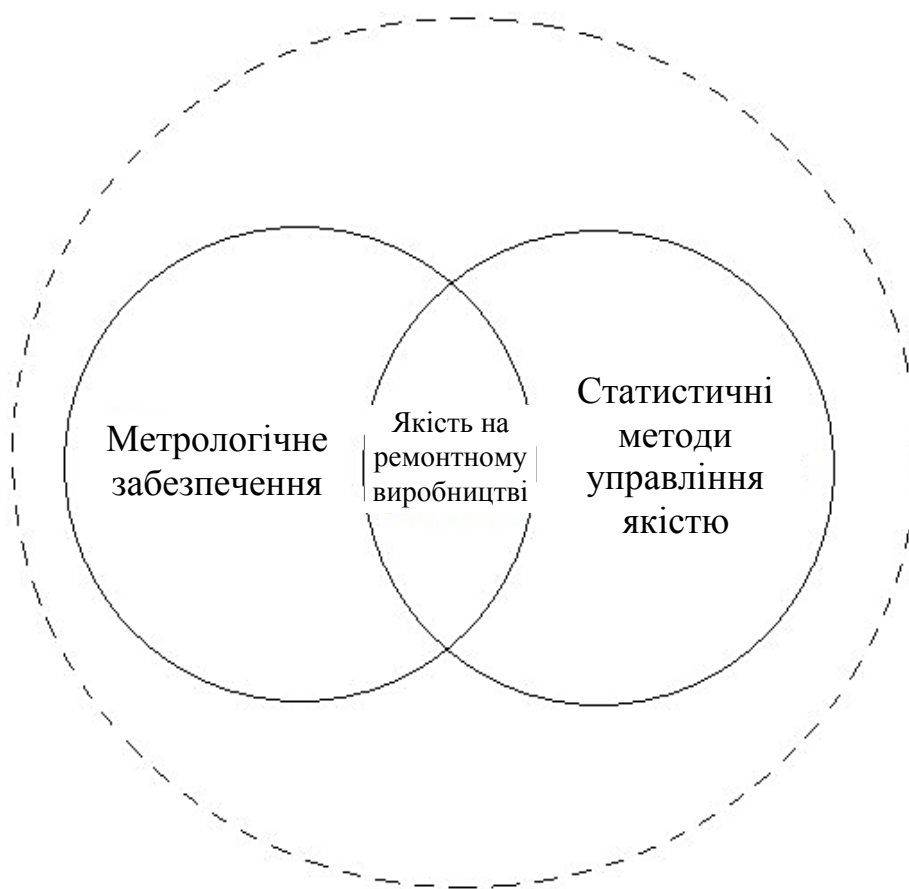


Рисунок 2.5 - Складові якості на ремонтному виробництві

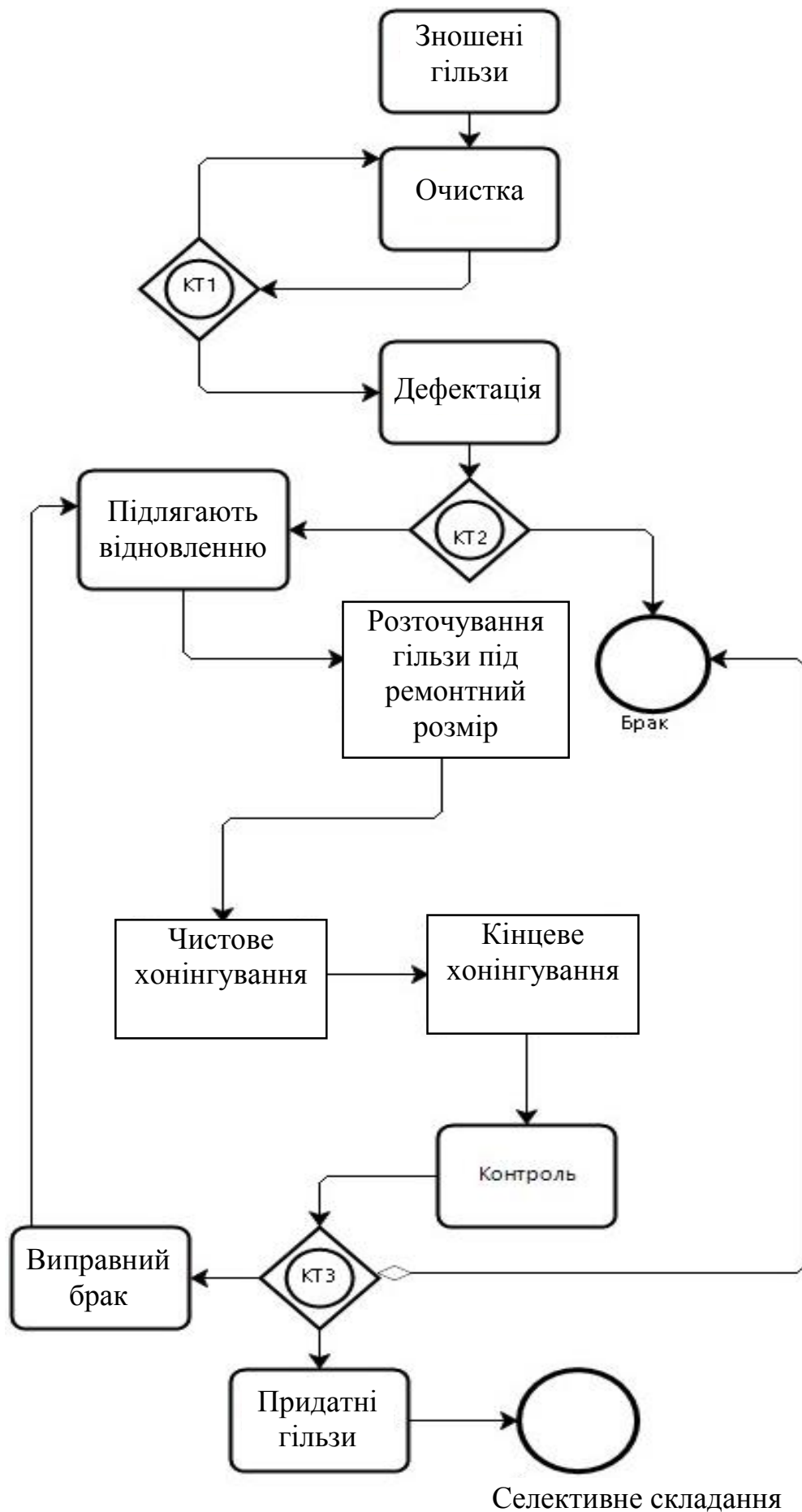


Рисунок 2.6 - Обґрунтування контрольних точок процесу ремонту гільз циліндрів

Таблиця 2.3 - Метрологічне забезпечення контрольних точок при ремонті гільз
циліндрів

Контроль-на точка	Контрольований параметр	Вид контролю					Метод вимірювання	Рекомендований засіб контролю
		за способом відбору виробів	за впливом на об'єкт контролю	по часу проведення контролю	по застосовуваних засобах контролю	по етапу технологічного процесу		
Операція: Очищення								
КТ1	Повне очищення	Суцільний	Неруйнівний	Летючий	Органолептичний, візуальний	Вхідний	-	Лупа
Операція: Дефектація								
КТ2	Внутрішній діаметр гільзи циліндрів	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний, реєстраційний	Вхідний	Прямий	Індикаторний нутромір
	Задири, тріщини, раковини і т.д.	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Органолептичний, візуальний	Вхідний	-	Лупа
	Відхилення форми	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний, реєстраційний	Вхідний	Непрямий	Індикаторний нутромір
	Діаметр верхнього центрального паска	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний	Вхідний	Прямий	Скоба важільна
					Реєстраційний			Калібр
	Діаметр нижнього центрального паска	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний	Вхідний	Прямий	Скоба важільна
Реєстраційний					Калібр			
Діаметр посадкового паска	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний	Вхідний	Прямий	Скоба важільна	
				Реєстраційний			Калібр	
Операція: Контроль								
КТ3	Відхилення форми	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний, реєстраційний	Приймальний	Непрямий	Індикаторний нутромір
	Внутрішній діаметр гільзи циліндрів	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний, реєстраційний	Приймальний	Прямий	Індикаторний нутромір
	Шорсткість дзеркала гільзи циліндрів	Суцільний	Неруйнівний	Безперервний	Вимірювальний, реєстраційний	Приймальний	Прямий	Профілограф

Таблиця 2.4 - Застосування статистичних методів та інструментів контролю якості контрольних точок при ремонті гільз циліндрів

Контрольна точка	Контрольований параметр	Рекомендований засіб контролю	Статистичні методи управління якістю			
			Планування процесу	Визначення рівня дефектності	Управління стабільністю процесу	Оцінка рівня дефектності
Операція: Очищення						
КТ1	Повне очищення	Лупа	Діаграма Ісікави	Контрольний листок для реєстрації видів дефектів	-	-
Операція: Дефектація						
КТ2	Внутрішній діаметр гільзи циліндрів	індикаторний нутромір	Діаграма Ісікави	Контрольний листок для реєстрації розподілу вимірюваного параметра	-	-
	Задири, тріщини, раковини	лупа		Контрольний листок для реєстрації видів дефектів	-	
	Відхилення форми	індикаторний нутромір		Контрольний листок локалізації дефектів	-	
	Діаметр верхнього центрального паска	індикаторний нутромір калібр		Контрольний листок для реєстрації розподілу вимірюваного параметра	-	
	Діаметр нижнього центрального паска	індикаторний нутромір калібр				
	Діаметр посадкового паска	індикаторний нутромір калібр				
Операція: Контроль						
КТ3	Відхилення форми	індикаторний нутромір	Діаграма Ісікави	Контрольний листок локалізації дефектів	-	Оцінка рівня дефектності
	Внутрішній діаметр гільзи циліндрів	індикаторний нутромір		Контрольний листок для реєстрації розподілу вимірюваного параметра	Контрольна карта	
	Шорсткість дзеркала гільзи	профілограф		-	-	

У таблиці 2.3 розглянуто метрологічне забезпечення контрольних точок при ремонті. Наведено класифікацію видів контролю, методи вимірювання та рекомендовані засоби контролю.

У таблиці 2.4 представлено застосування статистичних методів та інструментів контролю якості контрольних точок при ремонті гільз циліндрів.

Першою операцією в технологічному процесі, що передує ремонту гільзи циліндрів, є очищення та миття. Від її якості залежать подальші етапи роботи і всього ремонту. Забруднення деталей ділять на 2 групи: забруднення зовнішніх поверхонь і внутрішніх поверхонь (масла, смолисті відкладення). Провести точні і достовірні вимірювання забруднених деталей неможливо. Вкрай складно виявити приховані дефекти і несправності під нашаруваннями. Тому очищення від бруду, залишків масла, накипу і нагару гільз циліндрів двигунів є обов'язковою процедурою перед наступною операцією – дефектації [18].

КТ1 - контрольна точка, де йде перевірка якості очищення органолептичним методом, в разі виявлення неповної очистки, деталі повторно відправляються на мийку. Якщо якість мийки задовільна, то деталі надходять на наступну операцію - дефектацію.

КТ2- контрольна точка, де здійснюється дефектація гільзи циліндрів по геометричним параметрам, таким як внутрішній діаметр гільзи, відхилення форми дзеркала гільзи, діаметрів верхнього і нижнього центруючих пасків [9], висота від верхнього торця до упорного бурту. Контролюються також можливі задири, тріщини і раковини.

При вимірюванні діаметру гільзи робиться висновок, чи підлягає гільза до подальшого використання, відправиться на відновлення (розточування під 1-й або 2-й ремонтний розмір), або, якщо діаметр перевищує допустиме значення, більше останнього ремонтного розміру, гільзу циліндрів вибраковують, внаслідок цього, збільшуються витрати на придбання нової деталі [5].

КТ3 - контрольна точка, де здійснюється підсумковий контроль якості відновлення гільзи циліндрів (розточування під ремонтний розмір), при цьому гільзу контролюють по внутрішньому діаметру. Якщо діаметр відповідає встановленим

граничним розмірам, то гільза відправляється на селективне складання з поршнем відповідної групи розмірів, або відправляється в виправний або невиправний брак - лом.

Також перевіряють шорсткість дзеркала гільзи циліндрів, адже робота двигуна в великій мірі залежить від якості виготовлення дзеркала гільзи циліндрів, а саме такі показники як, зносостійкість циліндрів і поршневих кілець двигуна, витрата масла, ресурс і довговічність двигуна.

При проведенні підсумкового контролю відповідно також оцінюють відхилення від форми, вона повинна бути не більше групового допуску (в нашому випадку 12 мкм). Зниження овальності циліндрів сприяє зниженню інтенсивності зносу кілець і канавок поршнів, що в цілому сприяє поліпшенню роботи поршневих кілець і поліпшенню ущільнення камери згоряння [6].

Овальність циліндрів є одним з критеріїв працездатності та екологічності двигунів і постановки деталей в капітальний ремонт. Коли досягається максимальна овальності двигуни економічно і екологічно експлуатувати недоцільно. При перевищенні значення овальності необхідно розточувати гільзи до наступного ремонтного розміру.

2.4 Кваліметрична оцінка рівня дефектності

Комплексна оцінка рівня дефектності передбачає використання сумарних показників сукупностей властивостей продукції або послуги. Метод необхідно застосовувати в тому випадку, коли треба точно оцінити дефектність складних виробів [7]. Комплексний показник сукупності різних властивостей P_k повинен включати значимість кожного з окремих показників якості P_j , тобто враховувати ступінь впливу окремих складових величин на сумарний рівень дефектності.

Спочатку, при оцінці одиничних показників якості слід застосувати диференційний метод, потім визначаються значення відносних показників дефектності в кожній групі за формулою

$$P_j = \sum_{i=1}^n m_i \cdot q_i, \quad (2.14)$$

де m_i - значення коефіцієнта вагомості i -го одиничного показника;

q_i - величина i -го диференціального показника якості виробів;

n - кількість одиничних показників в даній j -й групі показників.

Значення i -го диференціального показника дефектності визначається за виразами

$$q_i = P_i / P_i^{\text{б}}; \quad q_i = P_i^{\text{б}} / P_i, \quad (2.15)$$

де P_i - i -й показник якості оцінюваного зразка;

$P_i^{\text{б}}$ - i -й показник якості базового зразка.

З даних залежностей (2.15) вибирають ту, при використанні якої ріст відносного показника якості відповідає поліпшенню показника якості оцінюваного виробу.

Значення узагальненого (сумарного) показника дефектності оцінюваного виробу обчислюється за формулою

$$P_{\text{об}} = \sum_{j=1}^N M_j \cdot P_{\text{г}j} \quad (2.16)$$

де M_j - коефіцієнт вагомості j -ої групи показників;

N - число груп показників якості.

При проведенні обчислень за даними залежностей (2.15) і (2.16) потрібно дотримуватися умови, коли в певних межах групи показників якості сума коефіцієнтів вагомості одиничних показників повинна дорівнювати одиниці. Причому сума коефіцієнтів вагомості груп показників якості, за якими проводиться оцінка, також повинна дорівнювати одиниці.

Комплексний метод оцінки якості характеризується необхідністю розрахунку середньозважених величин сукупностей всіх врахованих властивостей продукції або послуги.

Розрахунок середнього гармонійного зваженого значення показників якості застосовується, коли є істотний розкид між оцінюваними величинами

$$\tilde{P} = \frac{\sum_{j=1}^N M_j}{\sum_{j=1}^N \frac{P_j}{M_j}}. \quad (2.17)$$

Розрахунок середнього квадратичного зваженого значення показників якості використовується як елемент методу найменших квадратів і широко застосовується в кваліметрії:

$$P_{\text{кв}} = \sum_{j=1}^N M_j^2 \cdot P_j^2. \quad (2.18)$$

Розрахунок середнього геометричного зваженого показника якості найбільш часто використовується на практиці, як спосіб вираження комплексного показника дефектності. Він застосовується при оцінці неоднорідних показників дефектності, в тому числі оцінці якості різнорідної продукції, яка має різні умови застосування і її показники знаходяться в істотному розкиді. Математичний вираз середнього геометричного зваженого має вигляд

$$\bar{P} = \prod_{j=1}^N P_j^{M_j}. \quad (2.19)$$

Рівень дефектності продукції, який розраховується за методикою комплексної оцінки - це відношення величини комплексного показника оцінюваного процесу, після запропонованих заходів P_0 до відповідного показника процесу до запропонованих заходів зразка P_6 , тобто

$$P_{\text{к}} = \frac{P_0}{P_6}. \quad (2.20)$$

З наведених залежностей випливає, що при розрахунку комплексного показника якості або дефектності найбільш важливо визначити величини коефіцієнтів вагомості (M), а значення показників якості (P) встановлюються розрахунковими, лабораторними, органолептичними, експертними та іншими методами.

2.5 Методи і засоби забезпечення якості на ремонтних підприємствах

Загальну методику застосування методів і засобів забезпечення якості на ремонтних підприємствах можна представити у вигляді схеми, представленої на рис. 2.7. Для безперервного забезпечення та контролю якості метрологічне забезпечення і застосування статистичних інструментів контролю якості повинні йти паралельно (рис. 2.5). Виходячи з пункту 2.3, були призначені 3 контрольні точки - на стадіях

очищення, дефектації та контролю. При цьому, вхідними даними для використання статистичних методів можуть бути результати вимірювань при контролі якості технологічного процесу.

Так, в контрольній точці КТ1 якість очищення контролюється візуальним методом, дані видів дефектів реєструються в контрольному листку.

У другій контрольній точці КТ2 в процесі дефектації контролюються наявність дефектів на робочій поверхні гільзи циліндрів, дані видів дефектів також заносяться в контрольний листок відповідного типу. На даному етапі необхідно вибрати відповідний засіб вимірювання, який задовольняє значення діапазону вимірювань і значень похибки. При контролі відхилення від форми - реєстрація локалізації дефектів рекомендовано також заносити в контрольний листок. Далі проводять контроль внутрішнього діаметра гільзи циліндрів і діаметрів центруючих пасків. Дані також необхідно реєструвати в контрольних листках.

На заключному етапі - в третій контрольній точці КТ3 - контролі - проводять підсумковий контроль - візуально оцінюють дефекти - тріщини, подряпини і т.д., контролюють шорсткість, відхилення від форми і внутрішній діаметр гільзи циліндрів для визначення групи селекції. Також визначають параметри разбраковки - кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, які потрапили в сусідні групи селекції при контролі гільз циліндрів.

Результати контролю внутрішнього діаметра гільзи циліндрів є даними для оцінки технологічного процесу обробки гільзи циліндрів під ремонтний процес, якщо процес перебуває в нестабільному стані - усувають особливі причини мінливості процесу і повторно оцінюють технологічний процес. Якщо процес знаходиться в стабільному стані - будують контрольну карту і переходять до аналізу розсіювання розмірів, в даному випадку виходом буде гістограма, полігон і закон розподілу.

Останнім етапом у третій контрольній точці є реєстрація видів дефектів з урахуванням економічних втрат - результати заносять в контрольний листок, який дозволяє розрахувати внутрішні і зовнішні втрати від дефектів.

При цьому, під час контролю гільзи циліндрів - КТ3, також необхідно здійснити вхідний контроль поршнів, що надійшли на ремонтне підприємство. При цьому

проводять візуальний огляд дефектів, вибирають відповідний засіб вимірювання діаметра спідниці поршня, і проводять їх 100% контроль. А також визначають параметри разбраковки - кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, які потрапили в сусідні групи селекції при контролі. Суцільний контроль поршнів ремонтних розмірів, що надійшли на підприємство, необхідний у зв'язку, з тим, що в нашій роботі для зменшення незавершеного виробництва рекомендується застосовувати метод групової взаємозамінності.

Заключним етапом є оцінка незавершеного виробництва поршнів і гільз циліндрів, застосування методу групової взаємозамінності, а також оцінка рівня дефектності.

Процес управління якістю процесу ремонту гільз циліндрів можна поставати у вигляді циклу Демінга-PDCA (рис. 2.8).

На стадії планування процесу рекомендується використовувати діаграму Ісікави для оцінки параметрів, що впливають на якість процесу ремонту гільз циліндрів.

Під час дефектації гільз циліндрів, що надійшли на ремонтне підприємство, рекомендується оцінювати дефектність, застосовуючи контрольні листки.

При контролі параметрів рекомендується визначити рівень дефектності готової продукції з урахуванням економічних втрат за допомогою контрольного листка.

На стадії коригування процесу рекомендується оцінити рівень дефектності. Для аналізу необхідно зібрати дані про кожен етап процесу. Ці дані можуть бути представлені в контрольних листках, контрольні карти також дають інформацію про протікання процесу.

На початку, необхідно оцінити стабільність технологічного процесу хонінгування гільз циліндрів. Якщо процес перебуває в стабільному стані - реєструють дані в контрольних листках і будують контрольні карти. Якщо процес знаходиться в нестабільному стані - необхідно відрегулювати технологічне обладнання і провести повторні вимірювання, повторюючи їх до тих пір, поки процес не буде знаходитися в стабільному стані.

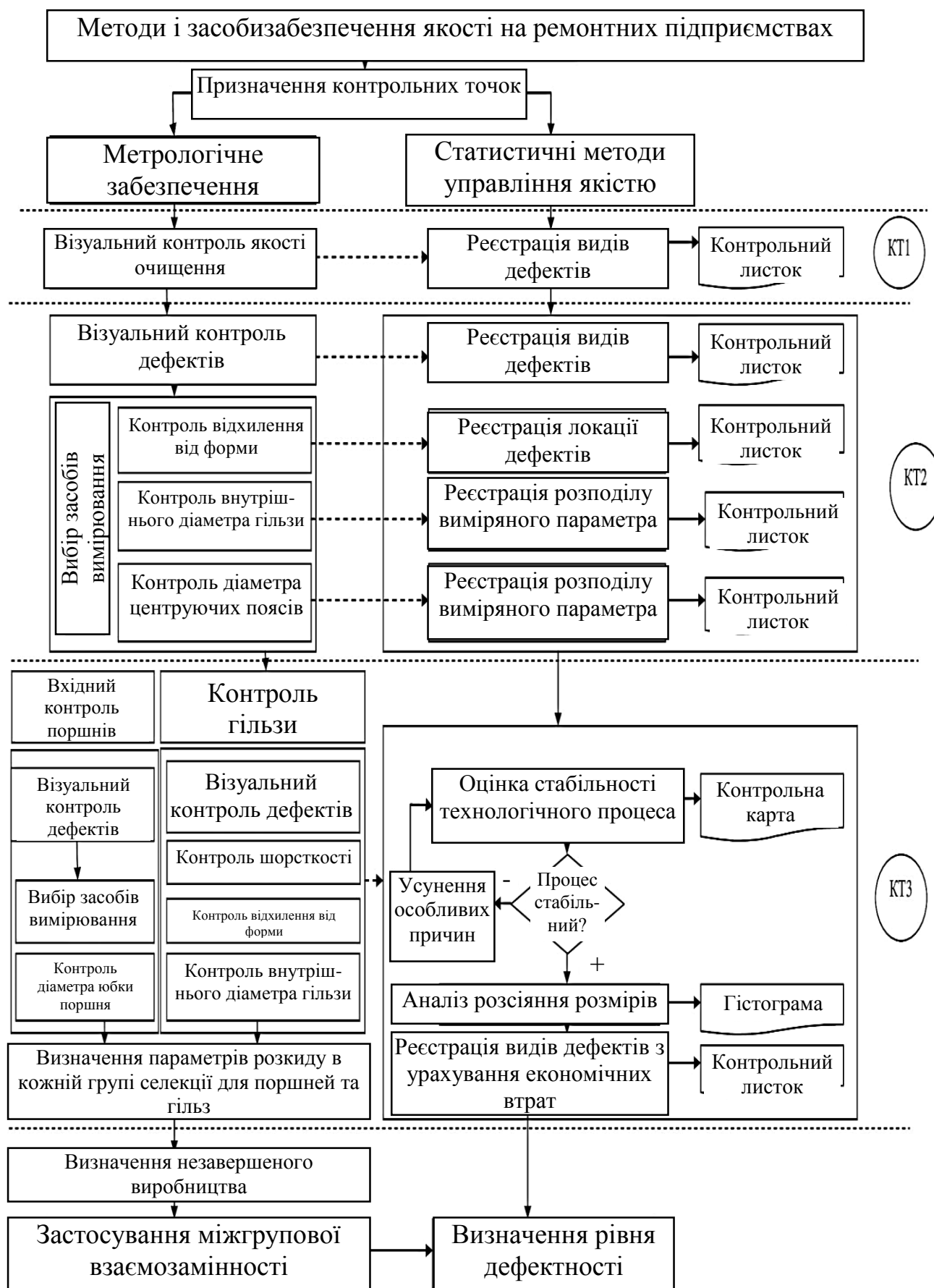


Рисунок 2.7 - Загальна методика застосування методів і засобів забезпечення якості на ремонтних підприємствах

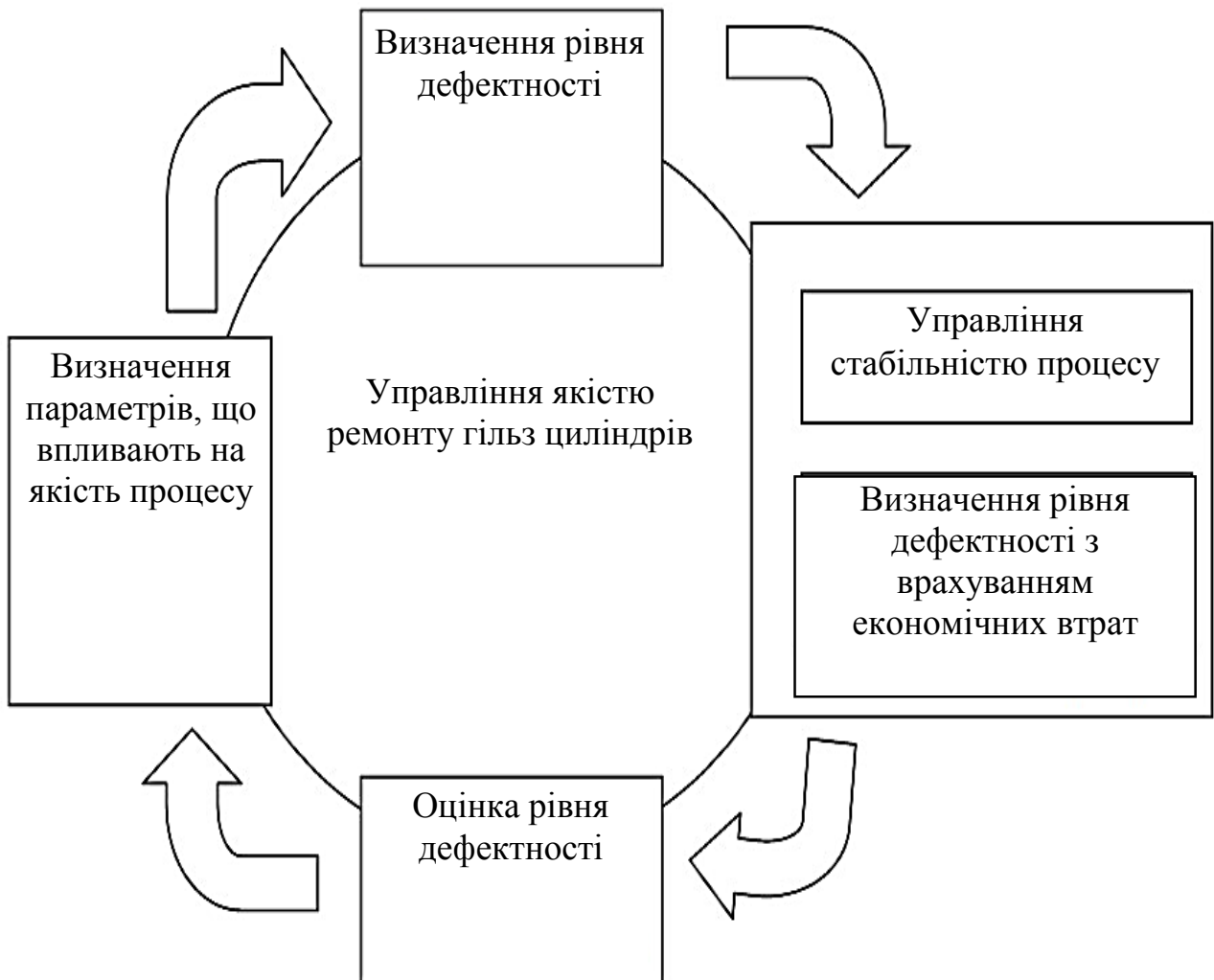


Рисунок 2.8 - Циклограма управління і контролю якості на ремонтному підприємстві

Далі проводиться аналіз розсіювання розмірів, будується гістограма, полігон і крива закону розподілу. Для цього необхідно знати і розрахувати основні статистичні характеристики:

- частоту попадання деталей в інтервал n ;
- відносну частоту потрапляння в інтервал:

$$N = n / \sum n \quad (2.21)$$

- середнє значення, яке розраховується за формулою:

$$\bar{X} = \sum X \cdot N \quad (2.22)$$

- середньоквадратичне відхилення, яке розраховується за формулою:

$$S = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot N} \quad (2.23)$$

2.6 Оцінка стабільності технологічного процесу

Стабільність технологічного процесу або статистично керований стан - це стан вимірювального процесу, при якому вилучені всі особливі причини мінливості, тобто спостережувана мінливість може бути пояснена постійною системою звичайних причин [20].

Контрольна карта служить головним інструментом для оцінки стабільності технологічного процесу, в тому числі і вимірювального.

Якщо процес знаходиться в стабільному стані, то на контрольній карті відсутні точки за контрольними межами, тренди.

Контрольні карти є одним з основних інструментів статистичних методів контролю якості та їх використання гарантовано дозволяє зробити якісний і точний висновок. З їх допомогою можна наочно уявити перебіг технологічного процесу, своєчасно розпізнати невідповідності відхилення і порушення процесу. Контрольні карти дозволяють оператору запобігти подальшій появі продукції, що не відповідає заданим показниками [1, 3].

Загальна методика побудови контрольних карт за кількісними ознаками регламентована стандартом (рис. 2.9). На початку необхідно вибрати характеристику контролю якості, вибрати частоту відбору вибірок і визначити кількість даних в кожній підгрупі. Також важливим завданням є визначення системи вимірювань - вибрати певний метод вимірювань, засіб вимірювань, що задовольняють задані умови. Далі проводиться збір і реєстрація інформації, а потім представляють дані графічним способом - у вигляді контрольних карт Шухарта, при цьому розраховують середнє значення, далі обчислюють значення в середній лінії та верхніх і нижніх контрольних межах для карти розмахів. Якщо карта розмахів підтверджує статистичний стан технологічного процесу, визначають стандартне відхилення. Потім проводять обчислення середньої лінії та верхніх і нижніх контрольних меж для X-карти, якщо дана карта підтверджує стан статистичної керованості технологічного процесу, оцінюють за допомогою розрахунку показників відтворюваності процесу. Якщо процес знаходиться в нестабільному стані, необхідно провести аналіз

особливих причин некерованого стану технологічного процесу і провести їх усунення, потім далі повторно побудувати контрольні карти.

Для оцінки технологічного процесу фінішної обробки гільзи циліндрів - хонінгування її робочої поверхні рекомендується використовувати контрольні карти Шухарта за кількісною ознакою - ковзаючих розмахів і індивідуальних значень [8].

Контрольна карти ковзаючих розмахів - контрольна карта для оцінки мінливості технологічного процесу по величинам розмахів останніх n результатів контролю, в яких новий результат контролю замінює попереднє з $n + 1$ останнього виміряного часу.

Контрольна карта індивідуальних значень X-карта - контрольна карта для оцінки рівня процесу за індивідуальними спостереженнями в вибірці.

Основні формули для розрахунку:

- Для контрольної карти ковзаючих розмахів Центральна лінія розраховується як:

$$CL R = \bar{R} \quad (2.24)$$

Верхня контрольна межа:

$$UCL R = D_4 \bar{R} \quad (2.25)$$

Нижня контрольна межа:

$$LCL R = D_3 \bar{R} \quad (2.26)$$

- Для контрольної карти індивідуальних значень.

Центральна лінія:

$$CL X = \bar{X} \quad (2.27)$$

Верхня контрольна межа:

$$UCL X = \bar{X} + E_2 \bar{R} \quad (2.28)$$

Нижня контрольна межа:

$$LCL X = \bar{X} - E_2 \bar{R} \quad (2.29)$$

Значення коефіцієнта E_2 визначається з виразу: $E_2 = 3/d_2$.

Значення D_3 , D_4 і d_2 беруться з [20].

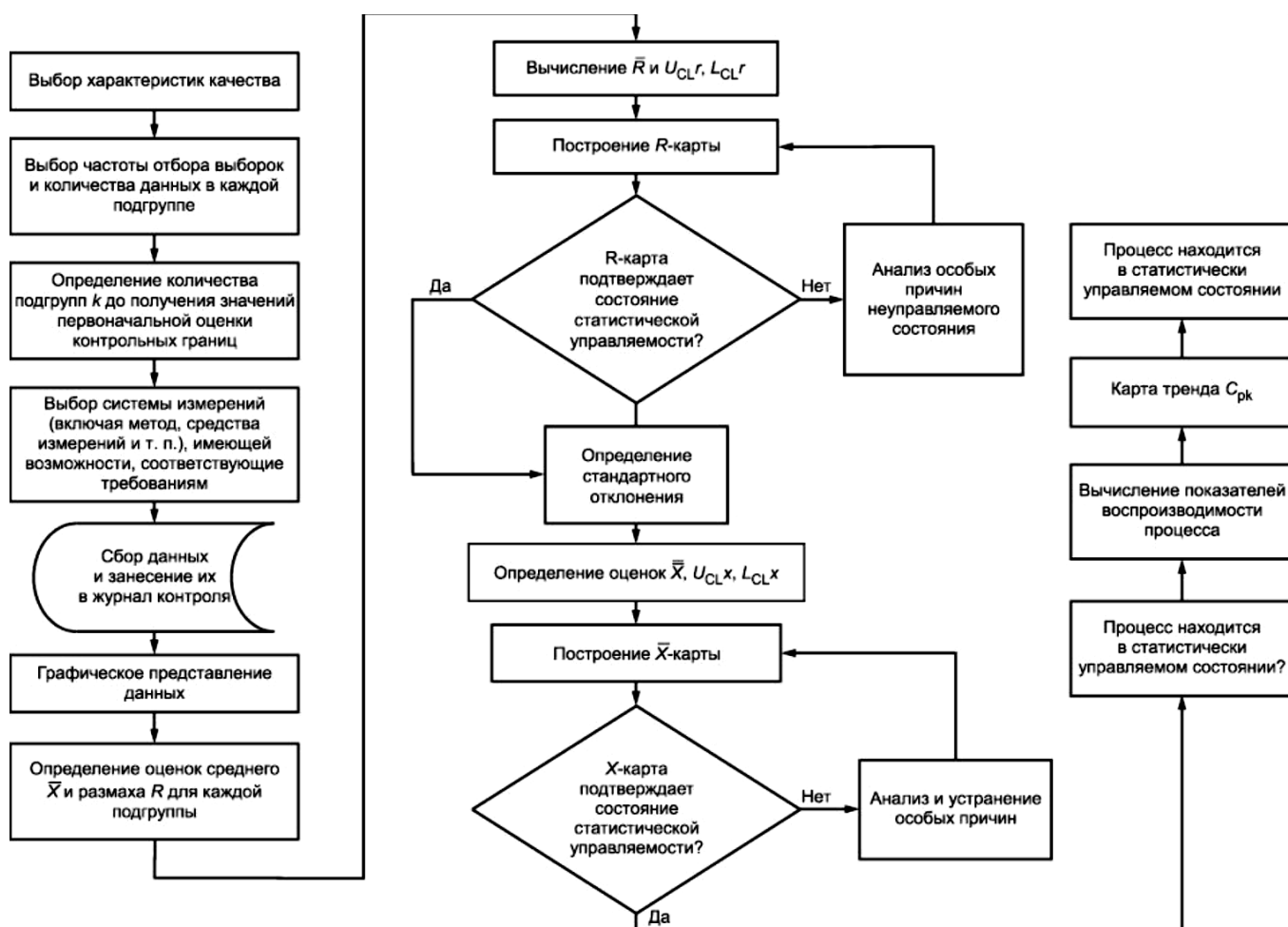


Рисунок 2.9 - Схема побудови контрольних карт за кількістю даних (вікно програмного забезпечення)

Індекс відтворюваності процесу визначається за формулою:

$$C_{pk} = \frac{UCL - \bar{X}}{3\sigma} \quad (2.30)$$

де σ - стандартне відхилення.

Коефіцієнт точності технологічного процесу дозволяє кількісно оцінити точність технологічних процесів

Коефіцієнт точності технологічного процесу визначається за формулою:

$$K_T = \frac{T}{6 \cdot \sigma} \quad (2.31)$$

Показник налаштованості технологічного процесу показує рівень відхилення фактичного центру розсіювання контрольованого параметра відносно встановленого

в технічній документації номінального значення (середини поля допуску, центру налаштування).

Коефіцієнт налаштованості технологічного процесу визначається за формулою:

$$K_c = \frac{D_{cp} - \bar{X}}{2 \cdot T} \quad (2.32)$$

Нормативні значення коефіцієнтів точності і налаштованості технологічного процесу, з яких робиться відповідний висновок, представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Показники точності і налаштованості технологічного процесу

Значення коефіцієнтів	Висновок
$K_T > 1$ $ K_c \leq 0,05$	Точність вище необхідної. Налаштованість хороша, браку менше 0,6%.
$K_T = 0,95 \dots 1$ $ K_c \leq 0,05 \dots 0,1$	Точність процесу хороша, налаштованість задовільна, браку менше 3%
$K_T = 0,7 \dots 0,9$	Процес неякісний по точності, браку більше 3%
$ K_c > 0,12$	Налаштованість процесу незадовільна, браку більше 2%

2.7 Висновки

Виведена залежність визначення оптимального числа груп селекції деталей з умов забезпечення якості контролю; розраховані значення неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей при коефіцієнті точності 16%.

1. Для умов дрібносерійного ремонтного виробництва теоретично запропонований метод групової взаємозамінності з'єднань «гільза - поршень», що дозволить повністю виключити незавершене виробництво при селективному складанні

2. На прикладі технологічного процесу ремонту гільз циліндрів, розроблена методика призначення контрольних точок для оцінки якості процесу по етапах його реалізації. Для кожної контрольної точки обрані методи і засоби вимірювань.

3. Розроблено методику кваліметричної оцінки рівня дефектності технологічного процесу ремонту гільзи циліндрів і контролю поршнів, визначені контрольні точки, в кожній з яких рекомендовано використовувати адаптовані для ремонтного виробництва інструменти контролю якості.

3 ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методи контролю деталей сільськогосподарської техніки

Основними методами контролю зносу деталей двигуна є: мікрометраж, зважування деталей, профілографування поверхонь деталей, метод штучних баз, визначення продуктів зносу в маслі [13].

Одним з найбільш точних методів визначення розмірів і зносів поверхонь деталі є мікрометраж. За допомогою мікрометражу можна визначити відхилення форми і розташування поверхонь, зміни яких так само впливають на інтенсивність зношування з'єднань.

Мікрометраж проводять з метою визначення якості виготовлення або відновлення поверхонь деталей, інтенсивності їх зношування, характеру зносу (місць найбільшого і найменшого зносу), терміну служби деталей, з'єднань і т.д. Даний метод полягає у визначенні різниці початкового розміру деталі і її розміру після встановленого пробігу автомобілів (або мотогодин). Деталь необхідно вимірювати в декількох перетинах зони зносу і в двох площинах [6].

Деталі перед мікрометражем повинні бути ретельно промиті і насухо висушені. Вимірювання проводяться в приміщеннях з температурою навколишнього середовища 18-20 °С. Для вирівнювання температур перед проведенням вимірювань необхідно витримати в приміщенні засіб вимірювань і вимірювану деталь 2-3 години [19].

Метод зважування досить широко використовується в практиці аналізу зносу. Наприклад, можна зважити колінчастий вал, поршень, шатун в зборі з поршнем, розподільний вал і інші деталі, щоб встановити знос в процесі тривалої експлуатації. Цей метод використовується і в випадках, коли вимірювання розмірів деталей не завжди можливо зробити. Метод зважування, по суті, характеризує інтегральний знос деталі в заданий (фіксований) період часу, при цьому неможливо оцінити величину зносу в конкретному місці, наприклад спідниці поршня або діаметра поршневого пальця. Для зважування потрібно використовувати аналітичні ваги підвищеної точності [19] і дуже добре очищати деталі від наявності масла і продуктів його старіння у вигляді різних, в тому числі лакових відкладень.

Метод профілографування вимагає фіксації профілограми досліджуваної поверхні деталі до і після заданого періоду експлуатації. З метою визначення глибини зношування необхідно нанести зразкову подряпину, глибина її повинна мати запас на плановану величину зносу. Поєднуючи профілограми до і після зносу, і вимірюючи таким чином глибину подряпини, визначають лінійний знос поверхні деталі в заданому місці. Цей метод має певні недоліки, які пов'язані з викришування і напливом металу на краях подряпини, а також з похибкою масштабування профілограми [19].

Метод визначення продуктів зносу в маслі останнім часом широко застосовується для оцінки якості масел і присадок до них, обґрунтування режимів і способів обкатки машин, а також для визначення третювих елементів по марці матеріалів, наприклад заліза, бронзи, міді, олова і т. п.

У ремонтному виробництві найвірогіднішим методом визначення розмірів і зносу поверхонь деталей є мікрометраж і дефектація зношених поверхонь. Тут визначається не тільки форма деталі і вид зносу (рис. 3.1), але також його причина [9].

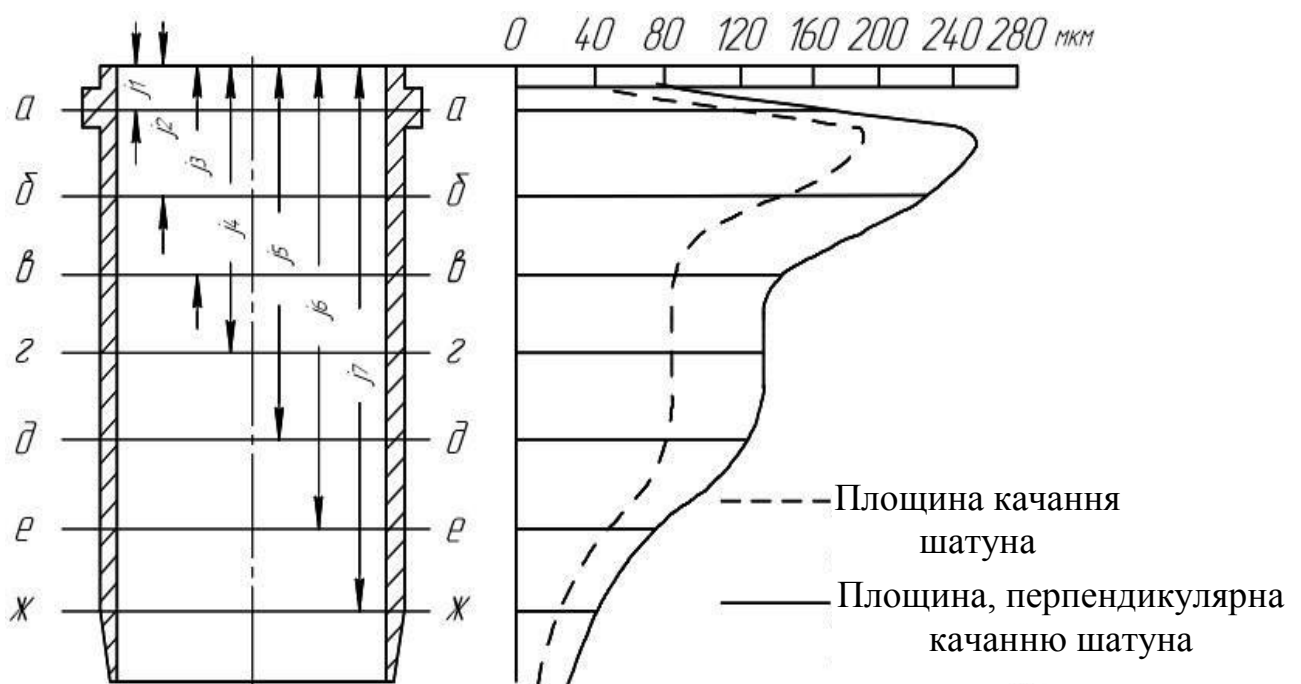


Рисунок 3.1 - Знос внутрішньої поверхні гільзи циліндрів

Основними завданнями при дефектації деталей є контроль деталей з метою визначення їх технічного стану, подальше сортування на групи (придатні, які під-

лягають подальшій експлуатації, деталі, що підлягають ремонту (відновленню) і непридатні деталі - сортування деталей по маршрутам відновлення), також накопичення інформації про результати дефектації для подальшого вдосконалення технологічних процесів.

На ефективність ремонтного виробництва, а також на якість відремонтованих деталей, вузлів і агрегатів великий вплив мають роботи з дефектації та подальшого сортування проконтрольованих деталей. У зв'язку з цим, дефектацію необхідно проводити відповідно до нормативно-технічних документів і грамотно інтерпретувати дані вимірювань, зіставляючи їх з граничними значеннями. Відступ від даних умов сприяє підвищенню вартості ремонту і зниження якості. Установка деталей з відхиленнями погіршує показники якості відремонтованих автотракторних двигунів.

Дефектацію деталей проводять за допомогою зовнішнього огляду, універсальними засобами вимірювань, спеціальними пристосуваннями, приладами та обладнанням.

Результати дефектації деталей заносять у відомість дефектів, що є основним документом для визначення обсягу ремонтних робіт і потреби в нових деталях, запасних частинах, матеріалах.

3.2 Методика контролю гільзи циліндрів

Робоча поверхня гільзи циліндрів контролюється по внутрішньому діаметру, який вимірюється в двох перетинах і двох площинах (рис. 3.2).

На підставі вимірів виходить чотири діаметра, середній діаметр визначаємо за формулою:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^n D_i / 4 \quad (3.1)$$

де D_i - величини дійсних розмірів (діаметрів) гільзи, виміряні в перетинах I-I і II-II і в площинах А-А і Б-Б (рис. 3.2);

$n = 4$ - кількість вимірювань діаметра.

Розраховуємо овальність за результатами вимірювань діаметрів в перетинах I-I і II-II, по формулі:

$$\Delta_{\text{ов I}} = \frac{D_{\text{АА}}^{\text{I}} - D_{\text{ББ}}^{\text{I}}}{2},$$

$$\Delta_{\text{ов II}} = \frac{D_{\text{АА}}^{\text{II}} - D_{\text{ББ}}^{\text{II}}}{2}.$$
(3.2)

За дійсне значення овальності приймаємо максимальне значення овальності, обиране з розрахунків овальності в перетинах I-I і II-II:

$$\Delta_{\text{ов}} = \Delta_{\text{овmax}} = \text{EFK}.$$

Конусність в площинах А-А і Б-Б визначають за формулою:

$$\Delta_{\text{КА}} = \frac{D_{\text{I-I}}^{\text{АА}} - D_{\text{II-II}}^{\text{АА}}}{2}$$

$$\Delta_{\text{КБ}} = \frac{D_{\text{I-I}}^{\text{ББ}} - D_{\text{II-II}}^{\text{ББ}}}{2}$$
(3.3)

Дійсна конусність є максимальним значенням з конусністю в площині А-А і Б-Б:

$$\Delta_{\text{к}} = \Delta_{\text{кmax}} = \text{EZK}.$$

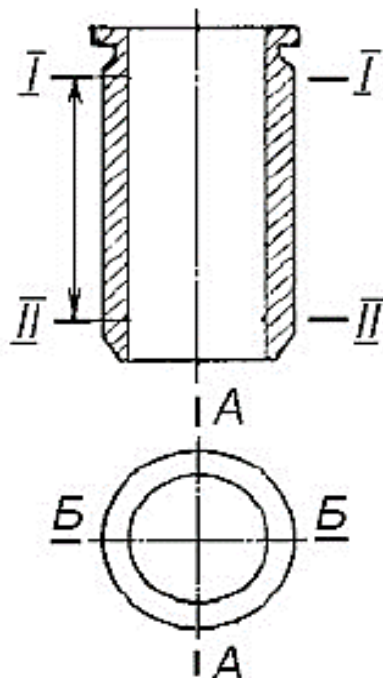


Рисунок 3.2 - Схема контролю внутрішнього діаметра гільзи циліндрів:
 А-А, Б-Б - площині вимірів; I - перетин, який визначається положенням верхнього кільця при положенні поршня у ВМТ; II - перетин, який визначається положенням нижнього кільця при положенні поршня у НМТ

Отримані значення овальності і конусності не повинні перевищувати граничні значення, зазначені в технічних вимогах на капітальний ремонт.

3.3 Вибір засобів вимірювань

Найважливішим завданням метрологічного забезпечення ремонтного виробництва є вибір засобів вимірювань. Дане завдання носить багатогранний характер, і від правильності його рішення буде залежати якість вхідного контролю запасних частин і доремонтний фонд, кінцевої продукції у вигляді зібраних, обкатаних і випробуваних двигунів, проміжного контролю на цілому ряді операцій механічної обробки, комплектації і складання вузлів і двигуна в цілому. Через наявність похибки вимірювань частина придатних деталей може бути прийнята як брак, а частина бракованих деталей може потрапити в придатні, а при селективному складанні можливе попадання деталей в сусідні групи [2].

Вибір засобів вимірювань для забезпечення необхідної точності є комплексним завданням і повинен проводитися відповідно до вимог ГОСТ 8.051-81 і РД 50-98-86.

В даний час засоби вимірювань слід вибирати з урахуванням метрологічних і економічних параметрів. На вибір засобів вимірювань впливає програма виробництва та технологічне обладнання, вірніше його точність. Для масового виробництва звичайно проектують і використовують оригінальні високопродуктивні засоби вимірювань з високим ступенем автоматизації і роботизації, а для умов дрібносерійного і одиничного, до яких відноситься і ремонтне виробництво – універсальні засоби вимірювань [2].

При проведенні контролю діаметрів циліндричних поверхонь необхідно вибирати засіб вимірювань так, щоб зменшити втрати від неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, які виникають від похибки вимірювань.

При виборі засобів вимірювань для контролю має задовольнятися така умова:

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta, \quad (3.4)$$

де Δ_{lim} - гранична похибка засобу вимірювань;

δ - допустима похибка вимірювання.

Алгоритм з вибору засобів вимірювань представлений на рис. 3.3.

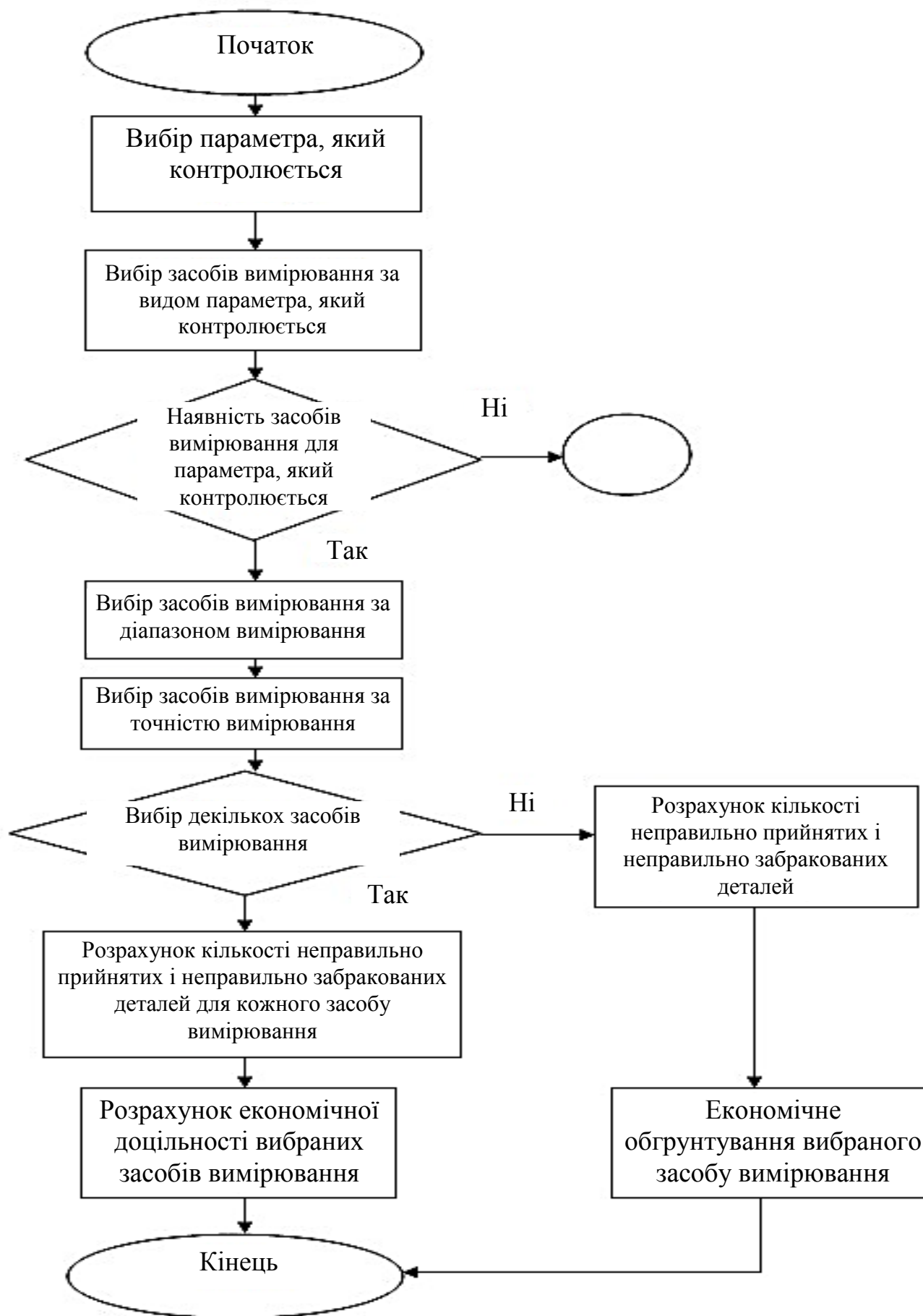


Рисунок 3.3 - Алгоритм вибору засобів вимірювань

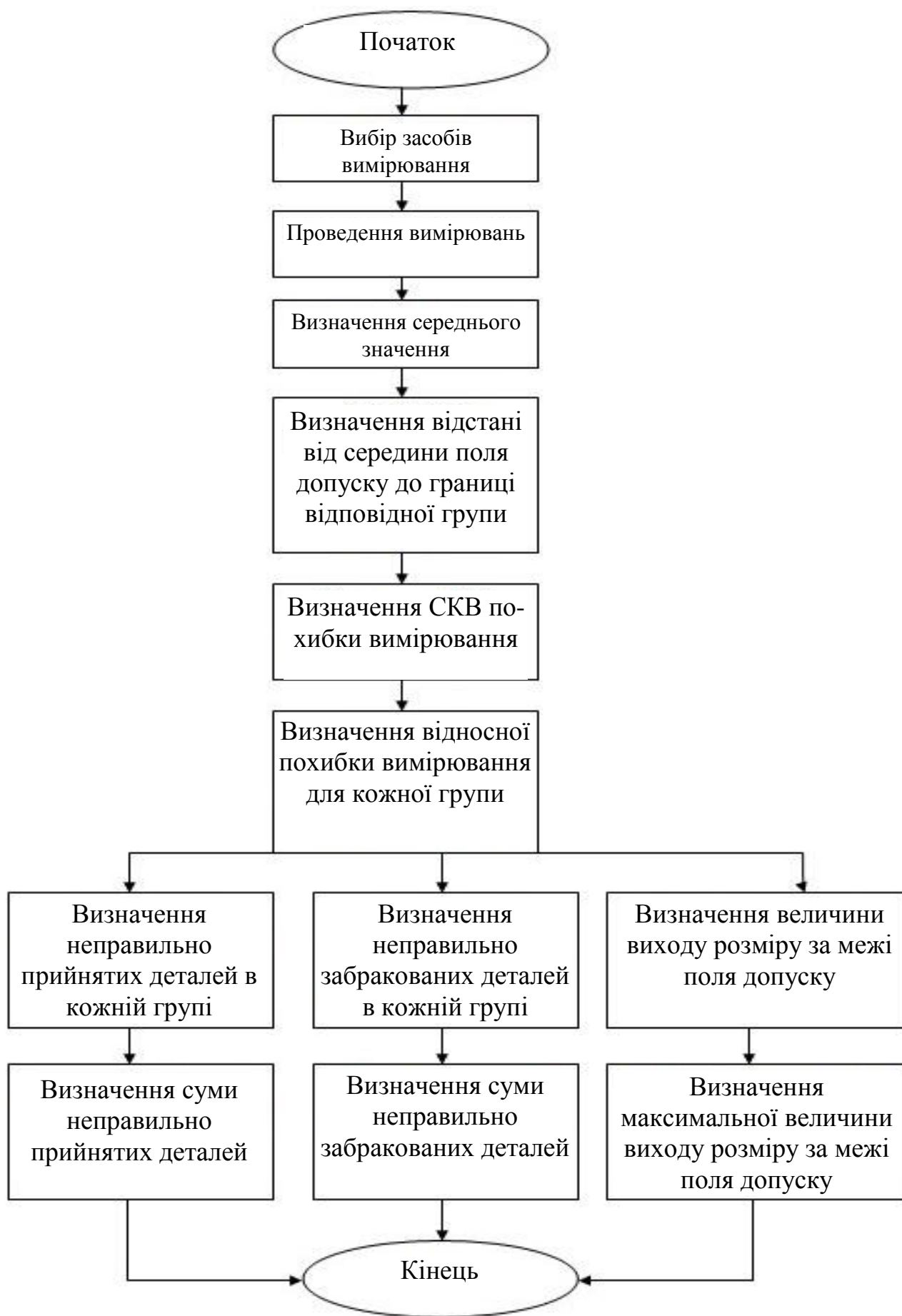


Рисунок 3.4 - Алгоритм визначення переходу деталей в сусідні групи

На початку необхідно вибрати тип контрольованого параметра, потім - засіб вимірювання по виду контрольованого параметра, якщо є в наявності засоби вимірювань для обраного контрольованого параметра, приступають до вибору засобів вимірювань за діапазоном вимірювань, а також по точності вимірювань, виходячи з умови (3.4). Якщо вибрано кілька засобів вимірювань, необхідно для кожного визначити кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей (перехід деталей в сусідні групи) і в кінці провести розрахунок економічної ефективності обраних засобів вимірювань. Якщо вибрано один засіб вимірювання, то розраховуємо кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, і визначаємо економічне обґрунтування його вибору.

Для оцінки якості контролю потрібно визначити кількість неправильно забракованих від загальної кількості придатних деталей (n , %), кількість неправильно прийнятих від кількості прийнятих деталей (m , %) і граничну величину виходу розміру за межі поля допуску (c , мкм) за алгоритмом, представленим на рис. 3.4. Суть полягає в наступному: спочатку необхідно вибрати засіб вимірювання для контролю відповідного параметра за умовою (3.4). Далі проводять вимірювання і вираховують середнє значення; визначають відстань від середини поля допуску до межі групи; розраховують СКВ похибки, виходячи з метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки. Потім вираховують відносну похибку вимірювань для кожної групи. І визначаємо за графіками кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей в кожній групі і величину виходу вимірюваного параметра за межі групи. Далі рахуємо суму неправильно прийнятих деталей, суму неправильно забракованих деталей і максимальну величину виходу вимірюваного параметра за межі групи.

3.4 Визначення техніко-економічної ефективності засобів вимірювання

Алгоритм програми вирішення записується в середовищі Code Blocks (рис. 3.5), у вигляді певної послідовності операцій. Компілятор Code Blocks трансліює програму, складену на мові програмування C ++, близькій до машинного коду. Кожна команда виконує свої функції для отримання певного результату.

```

*main.cpp x
1  #include <iostream>
2  #include <iomanip>
3  #include <math.h>
4  #include <cmath>
5  #include <stdio.h>
6  #include <ctime>
7  #include <locale>
8  using namespace std;
9  int main()
10 {
11     setlocale(LC_ALL, "Russian");
12     cout << "ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА" << endl;
13     cout << endl;
14     cout << "Рассмотрим методику решения задачи на примере." << endl;
15     cout << "При обработке диаметра детали известны номинальный размер  $d_n$  с отклонениями," << endl;
16     cout << "коэффициент точности технологического процесса  $K_T$ , годовая программа" << endl;
17     cout << "производства  $B$ , себестоимость одной детали  $C_d$  и затраты на устранение" << endl;
18     cout << "последствий от установки бракованной детали в узел  $Z_u$ ." << endl;
19     cout << endl;
20     double dn, kt, B, Cg, Sy, T, Wt, Gt, X, t, Cl, S1;
21     cout << "Номинальный диаметр, мм -  $d_n$ =";
22     cin >> dn;
23     cout << "Кoeffициент точности технологического процесса -  $k_t$ =";
24     cin >> kt;
25     cout << "Годовая программа производства, шт. -  $B$ =";

```

Рисунок 3.5 - Код програми в середовищі Code Blocks (робоче вікно програмного забезпечення)

Програма виводиться у вигляді командного рядка (рис. 3.6).

```

ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
Рассмотрим методику решения задачи на примере.
При обработке диаметра детали известны номинальный размер  $d_n$  с отклонениями,
коэффициент точности технологического процесса  $K_T$ , годовая программа
производства  $B$ , себестоимость одной детали  $C_d$  и затраты на устранение
последствий от установки бракованной детали в узел  $Z_u$ .

Номинальный диаметр, мм -  $d_n=20$ 
Кoeffициент точности технологического процесса -  $k_t=0.6$ 
Годовая программа производства, шт. -  $B=3000$ 
Себестоимость одной детали, руб. -  $C_g=260$ 
Затраты на устранение последствий от установки брак. детали, руб. -  $Z_u=2400$ 
допуск, мкм -  $T=33$ 
Цена лома, руб. -  $C_l=20$ 
Затраты на исправление брака, руб. -  $Z_{иб}=39$ 

1. Определение потерь от исправляемого и неисправляемого брака

Определение зоны рассеяния действительных размеров:
 $w_t=T/k_t$ 
 $w_{tex}=55.00$  мкм,
Определяем среднеквадратическое отклонение рассеяния действительных размеров
 $G_t=w_t/6$ 
 $G_{tex}=9.17$  мкм,
Принимаем условие, что центр рассеяния совпадает с серединой поля допуска.
Определяем величины интервала размеров от центра группирования
до зоны исправимого (ХИБ) и неисправимого (ХНБ) брака:
 $X_{иб}=X_{нб}=X+T/2=16.50$  мкм,
Определяем коэффициенты риска:
 $t_{иб}=t_{нб}=t=1.80$ 
Определяем значение интегральной функции Лапласа по таблице
 $\Phi(t_{ИБ})=\Phi(t_{НБ})=\Phi(t)=0.4641$ 

Определяем вероятный процент бракованных деталей:
 $Q_{иб}=Q_{нб}=(0.5-\Phi(t))\cdot 100\%=3.59\%$ 
Итого:  $R_{иб}=R_{нб}=0.0359$  вероятность того, что деталь будет являться
исправимым или неисправимым браком после контроля.
Потери от исправимого и неисправимого брака можно определить по выражениям:
 $P_{иб}=Z_{иб}\cdot R_{иб}\cdot B=4200.30$  р.,
 $P_{нб}=(C_d-C_l)\cdot R_{нб}\cdot B=25848.00$  р.,
Вероятный процент годных деталей
 $Q_g=100\%-(Q_{иб}+Q_{нб})=92.82\%$ ,
Вероятность того, что деталь годная,
 $P_g=0.9282$ 

2. Выбор средства измерения (СИ)

```

Рисунок 3.6 - Висновок програми в командному рядку (робоче вікно програмного забезпечення)

Програма для розрахунку техніко-економічної ефективності засобів вимірювань являє собою форму для введення і виведення результатів розрахунку. Для введення даних використовують такі поля:

- номінальний розмір;
- допуск;
- коефіцієнт точності технологічного процесу;
- річна програма виробництва;
- собівартість однієї деталі;
- витрати на усунення наслідків від установки бракованої деталі;
- ціна брухту;
- витрати на виправлення браку.

Таким чином, при використанні запропонованої програми, результати розрахунків виходять досить точними, а також скорочується час розрахунків.

3.5 Висновки

На основі теорії мікрометражу гільзи циліндрів, розроблена методика контролю, де оцінка якості діаметру гільзи циліндрів здійснюється за середнім значенням з необхідністю виявлення найбільшої овальності і конусності.

1. Розроблено методику вибору засобів вимірювань при селективному складанні в умовах ремонтного виробництва сільськогосподарської техніки.

2. Розроблено методику визначення кількості неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей в процесі контролю елементів, що утворюють з'єднання при селективному складанні.

3. Розроблено програму для ЕОМ для визначення техніко-економічної ефективності засобів вимірювання, що дозволяє визначити кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей за умови, що центр розсіювання збігається з серединою поля допуску.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Вибір засобів вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів в дрібносерійному ремонтному виробництві використовуються універсальні засоби вимірювань. З умови (3.4) вибираємо такі засоби вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільзи циліндрів, щоб перші засоби вимірювань були з похибкою, ближчою до допустимої; другі - точніші [3]:

1. ВЗ 1 - Нутромір індикаторний НИ-100 з ціною поділки відлікового пристрою 0,001 мм, при налаштуванні по кінцевим мірам 1 класу, $\Delta \text{lim} = \pm 6$ мкм;
2. ВЗ 2 - Нутромір індикаторний НИ-100 з ціною поділки відлікового пристрою 0,001 мм, при налаштуванні по установчих кільцях, $\Delta \text{lim} = \pm 3,5$ мкм.

Визначаємо коефіцієнт точності вимірювань:

$$A_{\text{мет}}(\sigma) = (\sigma_{\text{мет}} / T) 100\%, \quad (4.1)$$

де $A_{\text{мет}}(\sigma)$ - відносна похибка вимірювання (коефіцієнт точності вимірювань);

$\sigma_{\text{мет}}$ - середньоквадратичне відхилення похибки вимірювання $\sigma_{\text{мет}} = \Delta \text{lim} / 2$;

T - допуск контролюваного параметра.

Внутрішній діаметр гільз циліндрів контролювався в двох взаємно перпендикулярних площинах і в двох перетинах - в верхньому і нижньому. Розраховувався середній розмір, який приймався за дійсний розмір отвору гільзи.

Визначення параметрів розбраківки у вигляді величин m, n і c, проводився відповідно до методики, описаної в розділі 3.

Необхідний масив даних був зібраний шляхом вимірювання партії гільз циліндрів в кількості 100 штук. Оцінка результатів вимірювань проводилася за допомогою гістограми, полігону і теоретичної кривої розподілу.

Результати обробки даних зведені в таблицю, і можна зробити висновок, що процес обробки гільз циліндрів під ремонтний розмір по внутрішньому діаметру можна вважати задовільним, відсутній не виправний і виправний брак, а зона роз-

сіювання дійсних розмірів зміщена в бік виправного браку, що підтверджує хорошу кваліфікацію робітників, які виконують дану операцію.

Розподіл гільз циліндрів по групах представлено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Розподіл гільз циліндрів по групах селекції

Група селекції	Розмір з відхиленнями	Кількість деталей
А	92,5 ^{+0,036} _{+0,024} мм	6
Б	92,5 ^{+0,048} _{+0,036} мм	28
В	92,5 ^{+0,060} _{+0,048} мм	38
Г	92,5 ^{+0,072} _{+0,060} мм	24
Д	92,5 ^{+0,084} _{+0,072} мм	4
ВБ	Менше 92,524 мм	0
НБ	Більше 92,584 мм	0

Отримані дані по визначенню параметрів разбраковки представлені в таблиці 4.2.

Кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, найбільшу величину виходу вимірюваного параметра за межі допуску визначаємо за графіками [6].

Таблиця 4.2 - Визначення параметрів разбраковки гільз циліндрів при використанні нутромера індикаторного з різною точністю настройки

Відстань від середини поля допуску до межі відповідної групи 2t, мм	Коефіцієнт точності вимірювань A _{мет} , %		Кількість неправильно забракованих деталей, n, %		Кількість неправильно прийнятих деталей, m, %		Величина виходу вимірюваного параметра за межі допуску, с, мм	
	ВЗ 1	ВЗ 2	ВЗ 1	ВЗ 2	ВЗ 1	ВЗ 2	ВЗ 1	ВЗ 2
0,006	50	29,17	23	11,7	18,75	11,25	0,0054	0,00315
0,018	16,67	9,72	5,6	3,5	4,75	3	0,00558	0,00306
0,03	10	5,83	2,7	1,5	2,25	0,9	0,0054	0,00225
0,042	7,14	4,17	1,4	0,75	0,75	0,4	0,00378	0,00168
0,054	5,55	3,24	0,4	0,25	0,25	0,15	0,00162	0,000135
0,066	4,55	2,65	0,2	0,15	0,1	0,075	0,00066	0
Сума	-	-	33,3	17,85	26,85	15,775	-	-

В результаті аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що, при використанні індикаторного нутроміра НИ-100-0,001 (налаштування по кінцевими мірам 1 класу) з похибкою 6 мкм, кількість неправильно вийшовших з групи або забракованих деталей на 15,45% більше, кількість неправильно прийнятих деталей на 11,075% більше ніж при використанні індикаторного нутромера НИ-100-0,001 (налаштування по установчим кільцям) з похибкою $\pm 3,5$ мкм.

Характеристика вибраних засобів вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів представлена в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Характеристика вибраних засобів вимірювань для контролю внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Параметр	Позначення	Розмірність	Значення для обраних засобів вимірювань	
			ЗВ1	ЗВ2
Діапазон вимірювань	ДВ	мм	50-100	50-100
Ціна поділки	ЦП	мм	0,001	0,001
Похибка вимірювань	Δ_{lim}	мкм	6	3,5
Допуск контрольованого параметра	T	мкм	60	60
Середньоквадратичне відхилення похибки	$\sigma_{мет}$	мкм	3	1,75
Сума неправильно прийнятих деталей	Σm	%	26,85	15,775
Сума неправильно забракованих деталей	Σn	%	33,3	17,85
Максимальна ймовірнісна величина виходу вимірюваного параметра за межі	c_{max}	мкм	5,58	3,15

4.2 Вибір засобів вимірювань для контролю діаметра спідниці поршня

При вхідному контролі зовнішнього діаметра спідниці поршня в дрібно-серійному ремонтному виробництві використовуються універсальні засоби вимірювань. Вибираємо наступні засоби вимірювань, згідно з умовою (3.4):

1. Мікрометр важільний при налаштуванні по кінцевими мірами 2 класу з ціною поділки 0,01 мм - $\Delta_{lim} = \pm 6$ мкм.
2. Скоба важільна з ціною поділки 0,002 мм СР-100 при налаштуванні по кінцевими мірами 2 класу - $\Delta_{lim} = \pm 3,5$ мкм.

Розподіл поршнів по групах селекції представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Розподіл поршнів по групах селекції

Група селекції	Розмір з відхиленнями, мм	Кількість деталей
А	92,5 ^{-0,012}	4
Б	92,5 ^{+0,012}	26
В	92,5 ^{+0,024} _{+0,012}	38
Г	92,5 ^{+0,036} _{+0,024}	27
Д	92,5 ^{+0,048} _{+0,036}	5
ВБ	Більш 92,548 мм	0
НБ	Менш 92,488 мм	0

Отримані дані визначення параметрів разбраковки поршнів при використанні засобів вимірювальної техніки різної точності зведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Визначення параметрів разбраковки поршнів при використанні засобів вимірювальної техніки різної точності

Відстань від середини поля допуску до межі відповідної групи 2t, мм	Коефіцієнт точності вимірювань A _{мет} , %		Кількість неправильно забракованих деталей, n, %		Кількість неправильно прийнятих деталей, m, %		Величина виходу вимірюваного параметра за межі допуску, с, мм	
	ЗВ1	ЗВ2	ЗВ1	ЗВ2	ЗВ1	ЗВ2	ЗВ1	ЗВ2
0,01272	23,58	13,75	9	4,5	8,8	4,4	0,002926	0,002798
0,01128	26,59	15,51	10,2	5,9	9,9	5,2	0,004399	0,002594
0,03672	8,16	4,76	1,75	0,9	1,8	0,6	0,003305	0,001469
0,03528	8,50	4,96	1,8	1	1,95	0,7	0,00321	0,001764
0,06072	4,94	2,88	0,25	0,2	0,1	0,15	0,000607	0,000607
0,05928	5,06	2,95	0,3	0,25	0,15	0,2	0,001778	0,000593
Сума	-	-	23,3	12,75	22,7	11,25	-	-

З отриманих даних, представлених в таблиці 4.5, видно, що в результаті впливу похибки вимірювань, при вимірі мікрометром МР-100, який має похибку ± 6 мкм, вийшли наступні результати: з групи В до групи Г потрапило 10,2%, а інша частина з Г в В - 9,9%; з групи Б в В - 8,8%, з В в Б - 9%, з Б в А - 1,75%, з А в Б - 1,8%, з Г в Д - 1,8%, з Д в Г - 1,95%. В невірний брак потрапило 0,25% неправильно забракованих деталей; в вірний брак неправильно забракованих потрапило 0,1% деталей; кількість неправильно прийнятих деталей (що потрапили з браку в придатні) в групі А - 0,3%, в групі Д - 0,15%.

Підсумкове число неправильно прийнятих в групу деталей - 22,7%, неправильно вийшли з групи (забракованих) - 23,3%. Найбільша з величин виходу дійсного розміру за межі допуску склало $s = 4,399$ мкм.

В результаті вимірювань за допомогою скоби СР-100, з похибкою $\pm 3,5$ мкм, сформувалися такі результати: з групи В до групи Г потрапило 5,9%, з Г в В потрапило 0,9%; з групи Б в В - 0,6%, з В в Б потрапило 4,5%, з Б в А - 1,5%, з А в Б - 0,9%, з Г в Д - 1%, з Д в Г - 0,7%. В невивірний брак потрапило 0,2% неправильно забракованих деталей; в виправний брак потрапило 0,15% неправильно забракованих деталей; кількість неправильно прийнятих деталей, які потрапили з браку в придатні, в групі А склало 0,25%, в групі Д - 0,2%.

Підсумкова кількість неправильно прийнятих в групу деталей - 11,25%, неправильно вийшли з групи (забракованих) - 12,75%. Найбільша з величин виходу дійсного розміру за межі допуску склала $s = 2,79$ мкм.

Таблиця 4.6 - Характеристика вибраних засобів вимірювань для контролю діаметра спідниці поршня

Параметр	Позначення	Розмірність	Значення для обраних засобів вимірювань	
			ЗВ1	ЗВ2
Діапазон вимірювань	ДВ	мм	50-100	50-100
Ціна поділки	ЦП	мм	0,01	0,002
Похибка вимірювань	Δ_{lim}	мкм	± 6 мкм	$\pm 3,5$ мкм
Допуск контрольованого параметра	T	мкм	60	60
Середньоквадратичне відхилення похибки	$\sigma_{мет}$	мкм	3 мкм	1,75 мкм
Сума неправильно прийнятих деталей	Σm	%	22,7	11,25
Сума неправильно забракованих деталей	Σn	%	23,3	12,75
Максимальна ймовірнісна величина виходу вимірюваного параметра за межі	s_{max}	мкм	4,39	2,79

В результаті аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що при використанні мікрометра МР-100, який має похибку ± 6 мкм, кількість неправильно вийшовших з групи або забракованих деталей на 10,55% більше, а кількість непра-

вильно прийнятих деталей на 11,45% більше ніж при використанні скоби CP-100, з похибкою $\pm 3,5$ мкм.

Характеристика вибраних засобів вимірювань для контролю діаметра спідниці поршня представлена в таблиці 4.6.

4.3 Моніторинг контрольних точок

Для об'єкта досліджень - гільзи циліндрів двигуна ЗМЗ-402 розглянуті контрольні точки, представлений контрольований параметр, його нормоване значення, рекомендований засіб контролю і висновок при перевищенні значень. Протокол аналізу контрольних точок представлений в таблиці 4.7. З даного протоколу можна зробити наступні висновки:

- проводити вчасно заміну миючого засобу при очищенні гільзи циліндрів перед розточуванням під ремонтний розмір, використовувати в якості засобу контролю лупу;
- посилити візуальний контроль за тріщинами, задирами і т.п. ;
- використовувати більш точні засоби вимірювання - нутромер НИ 50-100 ГОСТ 868-82 з розподілом відлікового пристрою 0,001 мм замість 0,01 мм при контролі внутрішнього діаметра гільзи циліндрів, а також відхилення від форми. При контролі діаметрів центруючих пасків застосовувати скобу УРП 75-100 ГОСТ 11098-75;
- значення шорсткості контролювати профілографом MahrSurf PS1.

4.4 Оцінка стабільності технологічного процесу обробки гільзи циліндрів під ремонтний розмір

У процесі дослідження було здійснене вимірювання 50 гільз циліндрів двигуна ЗМЗ-402 після їх ремонту до 1-го ремонтного розміру з номінальним діаметром $92,5^{+0,084}_{+0,024}$ мм. Вимірювання проводилося за допомогою індикаторного нутромера НИ-100-0,001 ГОСТ 9244-75, який має ціну поділки 0,001 мм, і був налаштований по установчих кілецах, в результаті чого похибка вимірювань склала $\pm 3,5$ мкм [6].

Таблиця 4.7 - Протокол аналізу контрольних точок

Контроль-на точка	Контрольований параметр	Нормуюче значення	Засіб контролю	Висновок
Операція: Очищення				
КТ1	Повне очищення	-	Лупа	Повторне миття і очищення
Операція: Дефектація				
КТ2	Внутрішній діаметр гільзи циліндрів	Не більше 93 мм	Нутромір НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82	При розмірі понад 93 мм бракувати
	Задири, тріщини, раковини	Не допускається	Лупа	бракувати
	Відхилення форми	0,03 мм	Нутромір НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82	Розточувати під ремонтний розмір
	Діаметр верхнього центрує паска	$\varnothing 112 \pm 0,27$ мм	Скоба УРП 75-100 ГОСТ 11098-75	Бракувати при розмірі менше $\varnothing 111,73$ мм
	Діаметр нижнього центрує паска	$\varnothing 110 \pm 0,27$ мм	Скоба УРП 75-100 ГОСТ 11098-75	Бракувати при розмірі менше $\varnothing 109,73$ мм
	Діаметр посадкового паска	$100,0_{-0,075}^{+0,030}$ мм	Скоба УРП 75-100 ГОСТ 11098-75	Бракувати при розмірі менше $\varnothing 99,925$ мм
Операція: Контроль				
КТ3	Відхилення форми	0,012 мм	Нутромір НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82	Розточувати під наступний ремонтний розмір / бракувати
	Шорсткість дзеркала гільзи	Ra 0,32 мкм	MahrSurf PS1	Розточувати під наступний ремонтний розмір / бракувати
	Внутрішній діаметр гільзи циліндрів	$92,5_{+0,024}^{+0,084}$ – $93,0_{+0,024}^{+0,084}$ мм	Нутромір НИ 50-100-1 ГОСТ 868-82	При розмірі понад $\varnothing 93,084$ мм бракувати

Вимірювання внутрішнього діаметра гільзи здійснювалися в двох взаємно перпендикулярних площинах і двох перетинах, як результат вимірювань приймався середній діаметр, розрахований за формулою (3.1).

У таблиці 4.8 представлені результати п'ятдесяти послідовних вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільзи циліндрів, після фінішної обробки - хонинговання на вертикально-хонінгувальному верстаті 3А 833.

Таблиця 4.8 - Результати вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільз
циліндрів

Показник	Номер вимірювання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр X, мм	92,554	92,562	92,554	92,554	92,544	92,534	92,564	92,574	92,568	92,554
Ковзаючий розмах R	-	0,008	0,008	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,006	0,014
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Діаметр X, мм	92,550	92,548	92,568	92,552	92,542	92,554	92,562	92,578	92,558	92,544
Ковзаючий розмах R	0,004	0,002	0,02	0,016	0,01	0,012	0,008	0,016	0,02	0,014
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Діаметр X, мм	92,542	92,532	92,552	92,558	92,544	92,546	92,568	92,558	92,564	92,556
Ковзаючий розмах R	0,002	0,01	0,02	0,006	0,014	0,002	0,022	0,01	0,006	0,008
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Діаметр X, мм	92,542	92,554	92,566	92,546	92,554	92,548	92,562	92,564	92,556	92,546
Ковзаючий розмах R	0,014	0,012	0,012	0,02	0,008	0,006	0,014	0,002	0,008	0,01
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Діаметр X, мм	92,534	92,552	92,546	92,554	92,570	92,546	92,554	92,568	92,556	92,544
Ковзаючий розмах R	0,012	0,018	0,006	0,008	0,016	0,024	0,008	0,014	0,012	0,012

Розраховані основні характеристики для використовуваних контрольних карт за методикою, розглянутою в розділі 2, представлені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 - Дані для побудови контрольних карт

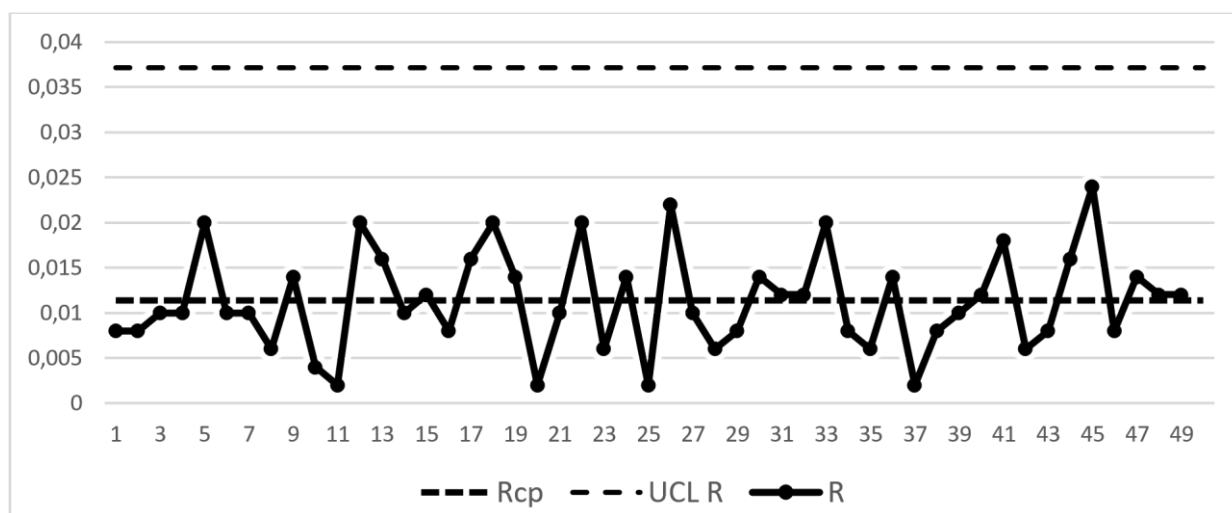
№ п / п	Параметр	Позначення	Значення для верстатів:
			3А 833
Для контрольної карти ковзаючих розмахів			
1	Центральна лінія	$CL R$	0,011 мм
2	Верхня контрольна межа	$UCL R$	0,0372 мм
3	Нижня контрольна межа	$LCL R$	0 мм
Для контрольної карти індивідуальних значень			
4	Центральна лінія	$CL X$	92,554 мм
5	Верхня контрольна межа	$UCL X$	92,584 мм
6	Нижня контрольна межа	$LCL X$	92,524 мм
7	Індекс відтворюваності процесу	C_{pk}	1

За розрахованими даними будуємо контрольні карти ковзаючих розмахів і індивідуальних значень (рис. 4.1).

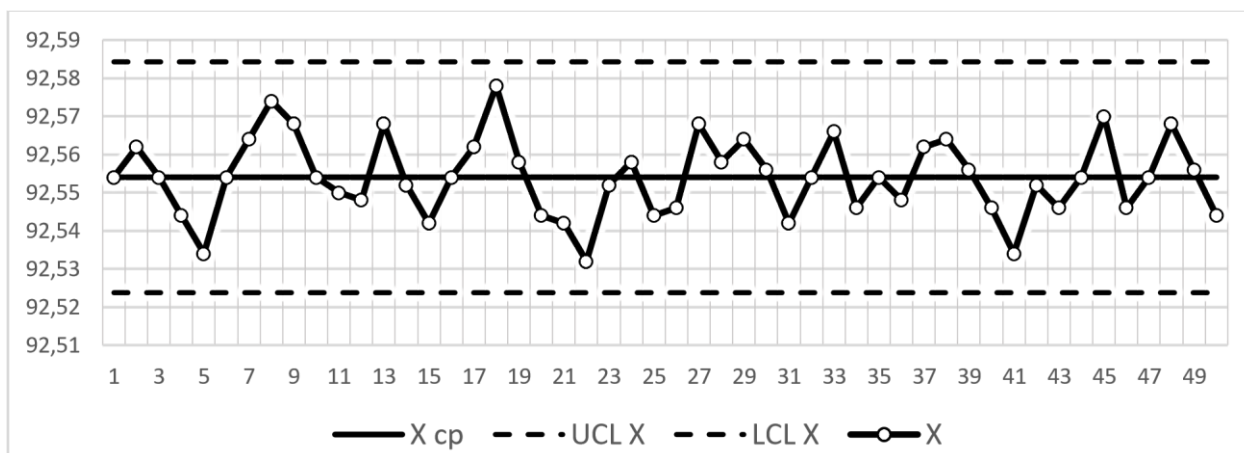
За графіками видно, що випадваючі точки і лінії тренду відсутні. При перевірці структур на особливі причини критеріїв не виявлено. Отже, процес знаходиться в стабільному стані по розкиду і середнім значенням діаметра (значення на контрольних картах лежать в межах контрольних меж).

За загальноприйнятими оцінками процесів за індексом відтворюваності при $C_{pk} = 1$ - процес задовільний (кількість невідповідностей становить 0,27%).

У таблиці 4.10 представлені результати п'ятдесяти послідовних вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільзи циліндрів, після фінішної обробки – хонінгування на вертикально-хонінгувальному верстаті 3Г 833.



а



б

Рисунок 4.1 - Контрольні карти ковзаючих розмахів (а) і індивідуальних значень (б)

Таблиця 4.10 - Результати вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільз
циліндрів

Показник	Номер вимірювання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр X, мм	92,530	92,540	92,550	92,566	92,546	92,554	92,564	92,544	92,580	92,542
Ковзаючий розмах R	-	0,01	0,01	0,016	0,02	0,008	0,01	0,02	0,036	0,038
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Діаметр X, мм	92,560	92,556	92,544	92,558	92,554	92,546	92,570	92,552	92,534	92,554
Ковзаючий розмах R	0,018	0,004	0,012	0,014	0,004	0,008	0,024	0,018	0,018	0,02
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Діаметр X, мм	92,546	92,554	92,568	92,558	92,542	92,550	92,566	92,544	92,556	92,562
Ковзаючий розмах R	0,008	0,008	0,014	0,01	0,016	0,008	0,016	0,022	0,012	0,006
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Діаметр X, мм	92,546	92,552	92,568	92,554	92,562	92,556	92,544	92,554	92,524	92,562
Ковзаючий розмах R	0,016	0,006	0,014	0,016	0,008	0,006	0,012	0,01	0,03	0,038
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Діаметр X, мм	92,554	92,548	92,564	92,552	92,566	92,574	92,552	92,546	92,554	92,568
Ковзаючий розмах R	0,008	0,006	0,016	0,012	0,014	0,008	0,022	0,006	0,008	0,014

Розраховані основні характеристики для використовуваних контрольних карт за методикою, розглянутою в розділі 2, представлені в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 - Дані для побудови контрольних карт

№ п / п	Параметр	Позначення	Значення для
			верстатів: 3Г 833 (до)
Для контрольної карти ковзаючих розмахів			
1	Центральна лінія	$CL R$	0,014 мм
2	Верхня контрольна межа	$UCL R$	0,0465 мм
3	Нижня контрольна межа	$LCL R$	0 мм
Для контрольної карти індивідуальних значень			
4	Центральна лінія	$CL X$	92,553 мм
5	Верхня контрольна межа	$UCL X$	92,591 мм
6	Нижня контрольна межа	$LCL X$	92,515 мм
7	Індекс відтворюваності процесу	C_{pk}	0,81

За розрахованими даними будуюмо контрольні карти ковзаючих розмахів і індивідуальних значень (рис. 4.2).

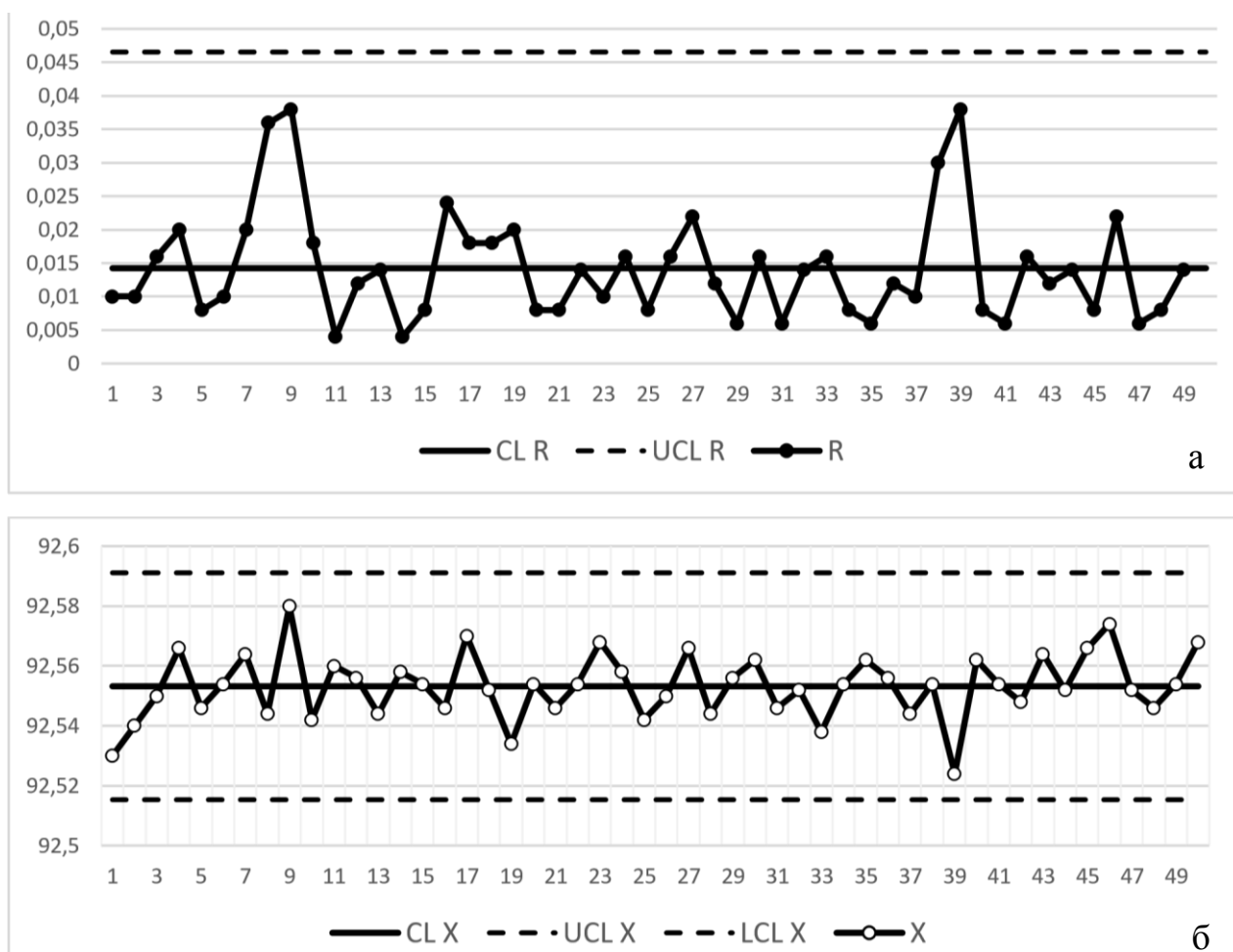


Рисунок 4.2 - Контрольні карти ковзаючих розмахів (а) і індивідуальних значень (б)

Індекс відтворюваності при $C_{pk} = 0,81$ - процес незадовільний (кількість невідповідностей становить 1,3%).

Якщо процес знаходиться в нестабільному стані - точки виходять за контрольні границі, слід визначити, який особливий фактор впливав на технологічний процес в відповідний момент часу. Для полегшення такого пошуку рекомендується при отриманні даних, використовувати спеціальний контрольний листок, в якому поряд з часом і вибіркоvim значенням фіксують кілька можливих факторів, які, на думку фахівця, можуть вплинути на хід процесу. Тоді, аналізуючи значення цих факторів для точки, що вийшла за межі контрольної карти, можна визначити або припустити, який з зафіксованих факторів вивів процес з статистично стійкого стану.

У зв'язку з цим, були виключені особливі причини мінливості - зона розсіювання зміщена в зону виправного браку, і проведена повторна оцінка стабільності технологічного процесу на верстаті 3Г 833 (табл. 4.12).

Таблиця 4.12 - Результати вимірювань середнього внутрішнього діаметра гільз циліндрів

Показник	Номер вимірювання									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Діаметр X, мм	92,534	92,54	92,55	92,562	92,546	92,558	92,562	92,546	92,58	92,542
Ковзаючий розмах R	-	0,006	0,01	0,012	0,016	0,012	0,004	0,016	0,034	0,038
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Діаметр X, мм	92,558	92,556	92,542	92,552	92,552	92,546	92,568	92,55	92,536	92,55
Ковзаючий розмах R	0,016	0,002	0,014	0,01	0	0,006	0,022	0,018	0,014	0,014
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Діаметр X, мм	92,546	92,552	92,562	92,558	92,546	92,556	92,564	92,542	92,556	92,562
Ковзаючий розмах R	0,004	0,006	0,01	0,004	0,012	0,01	0,008	0,022	0,014	0,006
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Діаметр X, мм	92,546	92,55	92,536	92,554	92,558	92,556	92,544	92,552	92,534	92,554
Ковзаючий розмах R	0,016	0,004	0,014	0,018	0,004	0,002	0,012	0,008	0,018	0,02
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Діаметр X, мм	92,552	92,548	92,562	92,552	92,562	92,574	92,554	92,544	92,552	92,564
Ковзаючий розмах R	0,002	0,004	0,014	0,01	0,01	0,012	0,02	0,01	0,008	0,012

Розраховані основні характеристики для використовуваних контрольних карт за методикою, розглянутою в розділі 2, представлені в таблиці 4.13.

За розрахованими даними будуємо контрольні карти ковзаючих розмахів і індивідуальних значень (рис. 4.3).

Далі оцінимо індекс відтворюваності процесу по формулі (3.11).

Таблиця 4.13 - Дані для побудови контрольних карт

№ п / п	Параметр	Позначення	Значення для верстатів:
			ЗГ 833 (після)
Для контрольної карти ковзаючих розмахів			
1	Центральна лінія	CL R	0,011796 мм
2	Верхня контрольна межа	UCL R	0,038537 мм
3	Нижня контрольна межа	LCL R	0 мм
Для контрольної карти індивідуальних значень			
4	Центральна лінія	CL X	92,552 мм
5	Верхня контрольна межа	UCL X	92,584мм
6	Нижня контрольна межа	LCL X	92,521 мм
7	Індекс відтворюваності процесу	C_{pk}	1

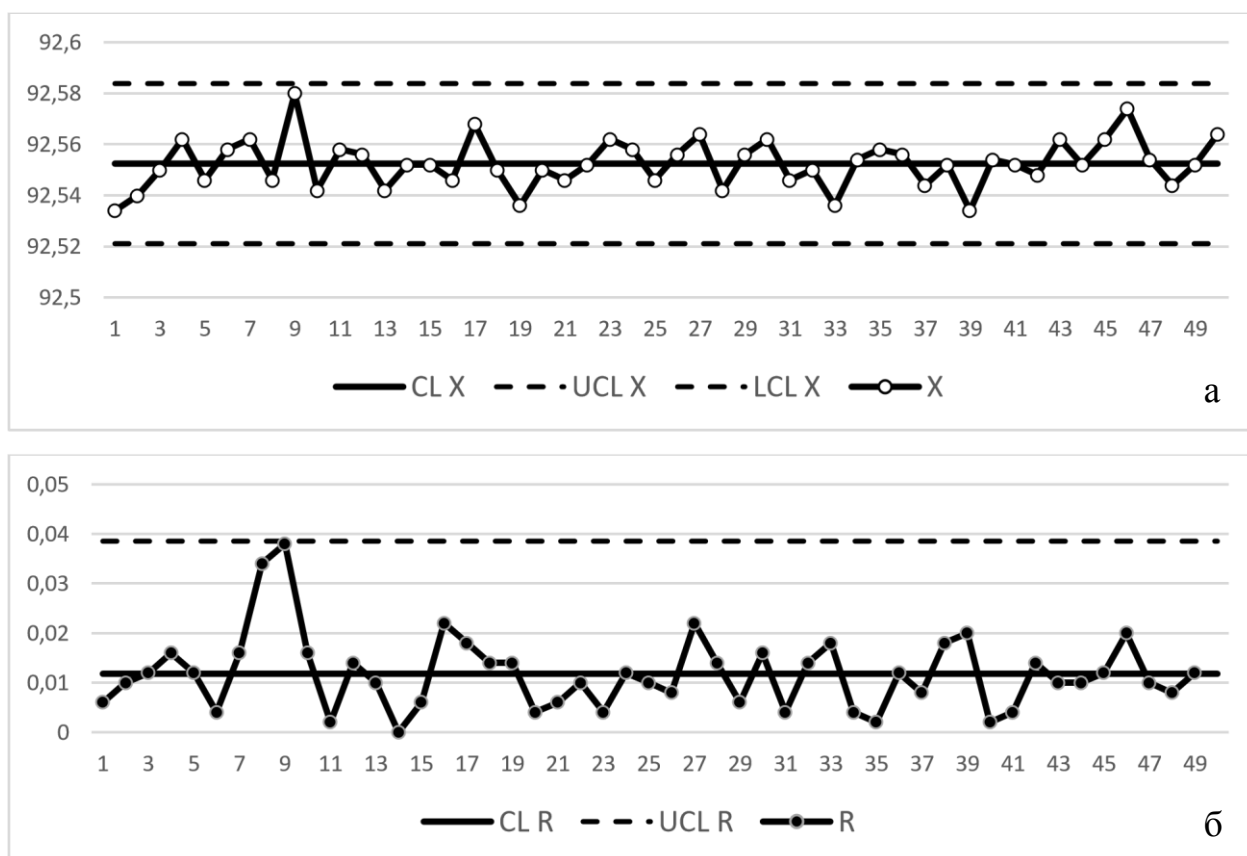


Рисунок 4.3 - Контрольні карти ковзаючих розмахів (а) і індивідуальних значень (б)

Індекс відтворюваності при $C_{pk} = 1,00$ - процес задовільний (кількість невідповідностей становить 0,27%).

Таким чином, застосування контрольних карт Шухарта ковзаючих розмахів і індивідуальних значень, дозволило провести аналіз стабільності технологічного

процесу обробки гільз циліндрів на двох верстатах - 3А 833 і 3Г 833, було виявлено невідповідність (підвищений рівень браку) на другому верстаті, проведені коригувальні заходи у вигляді зсуву зони розсіювання в сторону виправного браку. Повторна оцінка процесу показала відповідність значень пропонованим вимогам.

4.5 Аналіз розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів

Результати аналізу розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів двигуна ЗМЗ-402 після розточення під 1 ремонтний розмір представлені в таблиці 4.14 і на рис. 4.4.

Таблиця 4.14 - Результати аналізу розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів

Параметр	Позначення	Значення
Номинальний діаметр	D_n	$92,5^{+0,084}_{+0,024}$ мм
Середнє значення	\bar{X}	92,551
Середньоквадратичне відхилення	S	0,0114
Критерій згоди Пірсона	χ^2	0,64
Імовірність згоди з законом нормального розподілу	P	0,71
Коефіцієнт точності технологічного процесу	K_T	0,95
Коефіцієнт налаштованості технологічного процесу	K_C	0,025

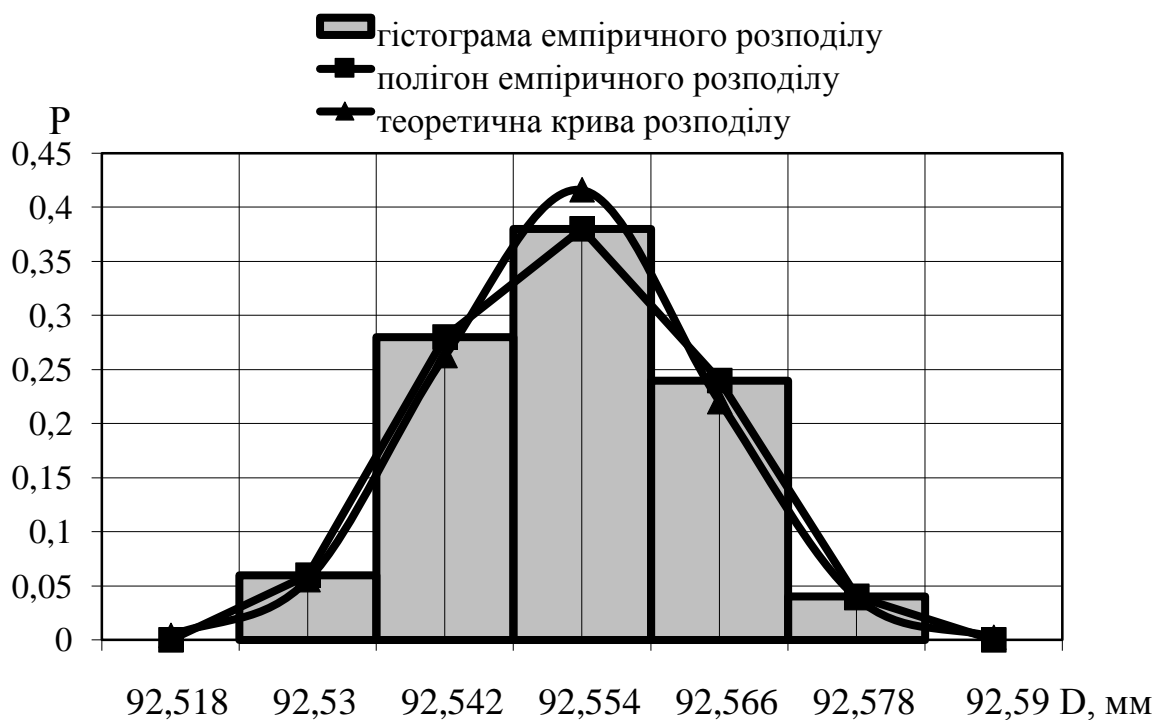


Рисунок 4.4 - Розсіювання розмірів отворів гільз циліндрів двигуна ЗМЗ-402

$$D = \overline{92,5^{+0,084}_{+0,024}} \text{ мм після розточення під 1 ремонтний розмір}$$

Аналіз розсіювання дозволив зробити висновок, що процес обробки гільзи під ремонтний розмір можна вважати задовільним, спостерігається відсутність невиправного і виправного браку, а налаштованість процесу обумовлює хорошу кваліфікацію робітників.

Показники точності і налаштованості технологічного процесу оцінюються за критеріями, наведеними в таблиці 2.5.

Розраховане значення показує, що процес по точності задовольняє вимогам.

Налаштованість обладнання хороша, і відсоток браку становить менше 0,6%.

4.6 Аналіз розсіювання розмірів діаметрів спідниці поршня

Результати аналізу розсіювання діаметрів поршнів двигуна ЗМЗ-402 першого ремонтного розміру, що надійшли на ремонтне підприємство представлені в таблиці 4.15 і на рис. 4.5.

Таблиця 4.15 - Результати аналізу розсіювання внутрішніх діаметрів гільз циліндрів

Параметр	Позначення	Значення
Номинальний діаметр	D_n	$92,5^{+0,048}_{-0,012}$ мм
Середнє значення	\bar{X}	92,51836
Середньоквадратичне відхилення	S	0,0113
Критерій згоди Пірсона	χ^2	0,94
Імовірність згоди з законом нормального розподілу	P	0,70
Коефіцієнт точності технологічного процесу	K_T	0,95
Коефіцієнт налаштованості технологічного процесу	K_C	0,003

Розраховане значення показує, що процес по точності задовольняє вимогам.

Налаштованість обладнання хороша, і відсоток браку становить менше 0,6%.

4.7 Удосконалення контрольного листка

Ремонт машин - складний і багатоступінчастий процес, на кожному етапі якого потрібно забезпечити якість [8]. Впровадження систем менеджменту якості змусило виробників виходити на більш високий рівень культури виробництва техніки з метою задоволення потреб споживачів [14]. Надійність вітчизняної техніки знаходиться на більш низькому рівні, в порівнянні із зарубіжною, особливо після проведеного

ремонту [7]. Головні причини низької якості можна розподілити за принципом «5M - men, methods, materials, machines, measures».

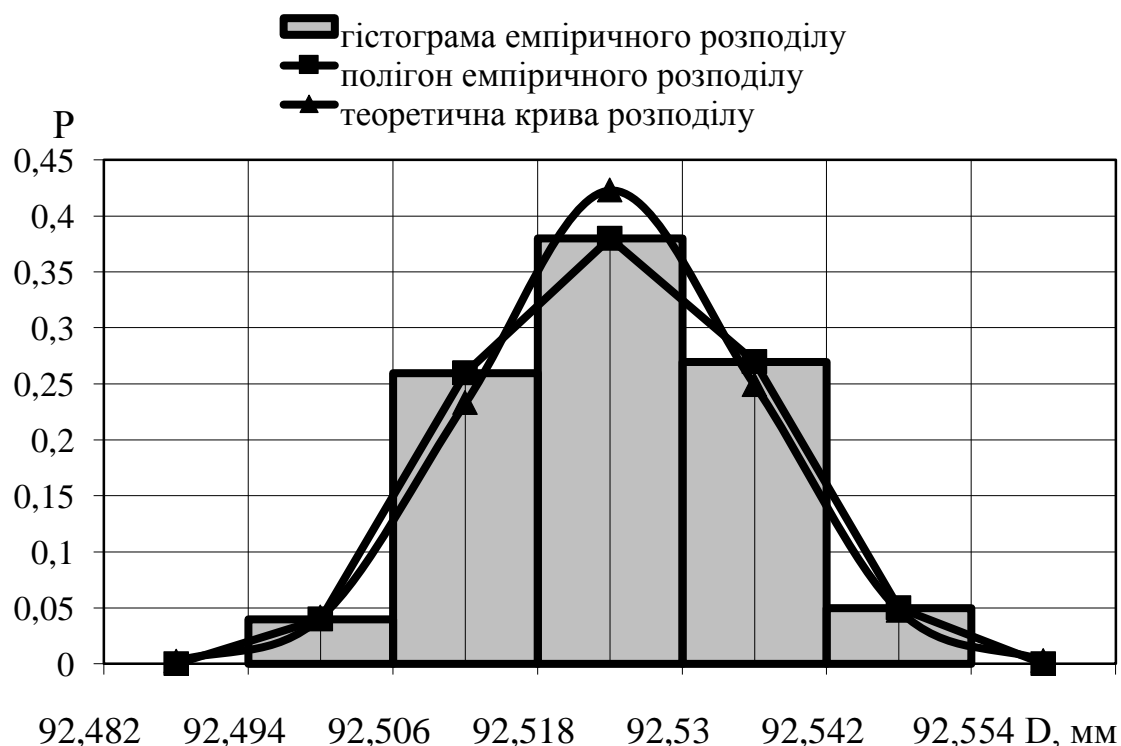


Рисунок 4.5 - Розсіювання розмірів спідниці поршня

Крім застосування класичних інструментів контролю якості, можливі й економічні підходи. Процесний підхід до аналізу якості для машинобудівних підприємств з позиції економіки якості і оцінки втрат можливий, але тут важливий поточний контроль оброблюваних деталей, комплектуючих, що надходять і відсів непридатної продукції. Якщо машинобудівне виробництво - дрібносерійне, то контроль деталей тут здійснюється універсальними засобами вимірювань, які вибираються за спеціальними методиками, де можлива оптимізація втрат і витрат на вимірювання [5-7]. Визначення витрат на контроль розмірів деталей і оцінки якості механічної обробки виробів має єдиний підхід. Формування системи контролю витрат на якість і звітності необхідно для зниження загальних втрат [7] і підвищення якості продукції [20]. На ремонтному підприємстві, на різних етапах технологічного процесу, в тому числі при вхідному контролі [10] і контролі якості готової продукції повинні застосовуватися такі інструменти контролю якості, як контрольні листки,

контрольні карти і діаграми розкиду, що найбільш повно характеризують кількість і відсоток виправного і невиправного браку. Внутрішні втрати, які повинні бути виявлені саме всередині підприємства (інакше вони стануть зовнішніми, тобто брак надійде до споживача, що неприпустимо), оцінити найважче, тут безліч складових елементів. З іншого боку, застосування зношеного обладнання стало характерною рисою дрібносерійних машинобудівних і ремонтних підприємств, тому брак при обробці деталей - неминучий.

Одним з семи простих інструментів контролю якості є контрольні листки. У них заноситься інформація про контрольований показник, або дефектні вироби, або про причини дефектів, і т.п. Форма листка залежить від його призначення. Розрізняють контрольні листки: для реєстрації розподілу вимірюваного параметра, для реєстрації виду дефекту, локалізації дефектів, причин дефектів і т.д. Багато з них стандартизовані, але стосовно до конкретного робочого місця доцільно вибирати підходящу форму. При розробці контрольного листка необхідно обов'язково залучати виконавця.

Але наявні в даний час види контрольних листків не дозволяють економічно оцінити внутрішні і зовнішні втрати від дефектів.

Контрольний листок, може бути використаний і для аналізу втрат при здійсненні механічної обробки деталей.

Внутрішні втрати підприємства, що відносяться до категорії витрат на якість, умовно звані браком, формуються за рахунок втрат від виправного браку, втрат від невиправного браку та втрат через зменшення початкової вартості продукції через низьку якість.

Як завжди, «палички» для фіксації кожного типу дефектів при виробничому контролі фіксуються в листку (рис. 4.6). Для випадку механічної обробки деталі характерні наступні види дефектів: деформації, подряпини, тріщини, плями і невідповідність розмірів заданим граничним відхиленням. Після аналізу контролю деталей за заданий проміжок часу (в прикладі - за місяць), визначається вид браку (виправний або невиправний), розраховуються втрати, і визначається підсумковий результат.

Аналіз процесів механічної обробки деталей в машинобудівному виробництві повинен включати в себе моніторинг внутрішнього і зовнішнього браку по певних категоріях, які повинні фіксуватися в наглядному вигляді, зокрема у вигляді таблиць. Відстеження потоків втрат і витрат здійснюється шляхом розробки функціональної моделі процесу, де повинні бути вказані елементи ідентифікації і простежування всіх вхідних, проміжних і вихідних потоків, а також дій, що управляють і споживаних ресурсів. Необхідно фіксувати відомості про динаміку реальних витрат. Потрібно розробити методики розрахунку втрат по їх елементам з метою аналізу динаміки і обов'язково вказувати дані про джерела відомостей витрат. Форми звітів про втрати, витрати, зв'язаних з якістю, адміністрація підприємства, зокрема відділ якості, розробляє, затверджує (і покращує) самостійно і фіксує в формованих щорічних стандартах підприємства СТО [5].

Сучасні інструменти, методи і засоби контролю якості повинні містити елементи виходу на ідентифікацію продукції та процесів, основні функції простежуваності і динаміки цих показників, можливу оцінку витрат і втрат. Ці інструменти, методи і засоби повинні обов'язково включати відомості про витрати на поправний і невивірний брак. Особливо важливо розробляти такі інструменти контролю, де робітник, майстер і начальник ділянки відразу буде бачити фактичні втрати в результаті їх діяльності. Далі слідує розробка форм для керівництва середньої ланки - начальників цехів і відділів, а також для головного керівництва підприємства. Це призведе до значного ефекту функціонування системи менеджменту якості на базовому етапі її впровадження на ремонтних підприємствах [14].

4.8 Застосування методу групової взаємозамінності з метою зниження незавершеного виробництва

Підвищення довговічності з'єднань при ремонті техніки є найважливішим фактором забезпечення якості ремонту [12], збереження параметрів виробничої надійності відповідальних з'єднань в заданих межах [10], і це впливає не тільки на зниження часу простоїв і підвищення продуктивності агрегатів, а й на економію при їх експлуатації [4].

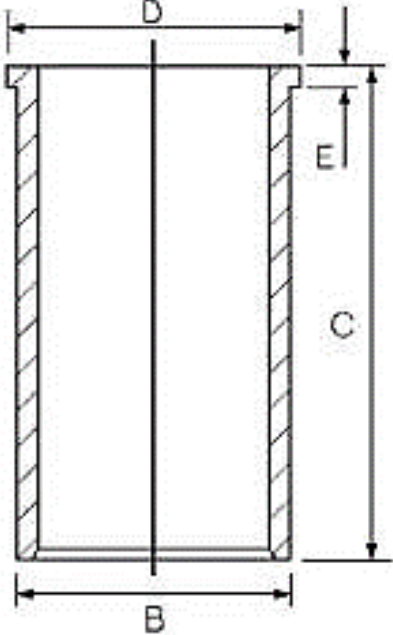
Контрольний листок за місцем розташування дефектів					
підприємство:	виріб:	Контрольовані розміри, мм	Кількість деталей	Втрати, пов'язані з дефектами	
цех:	гільза				
ділянка:	циліндрів				
	операція: контроль				
	контролер:				
Ескіз деталі			160	Втрати від дефекту, грн.	Внутрішні втрати, грн.
			Вартість деталі 300 грн. Всього:		
Типи дефектів	Дані контролю за 1 місяць	Вид браку			
Подряпини	///	НБ	3	300	900
Тріщини	/	НБ	1	300	300
Раковини	//	НБ	2	300	600
Шорсткість більша допустимої	/	НБ	1	300	300
Несоответствие размеров:					
$d > d_{\max}$	-	ВБ	-	-	-
$d < d_{\min}$	-	НБ	-	-	-
Овальність > ЕФК	//	НБ	2	300	600
Конусність > ЕЗК	//	НБ	2	300	600

Рисунок 4.6 - Контрольний листок з урахуванням економічних втрат

Гарантований період безвідмовної роботи з'єднань формується створенням зносостійких поверхонь і заданою точністю деталей. Точнісні параметри, такі як допуски і відхилення деталей, що сполучаються, істотно впливають на довговічність з'єднань, що відображено в ряді наукових праць [14] і [16]. Визначення допусків посадок шляхом розрахунку, обчислення зазорів або натягів за допомогою різних теоретичних способів, уточнення відхилень розмірів при нормуванні точності призводить до значного підвищення довговічності і надійності складальних одиниць.

Розрахункові методи в області точності можуть застосовуватися тільки при наявності теоретичних і практичних відомостей про навантаження, частоту обертання, матеріал деталей, змащення і інших параметрів функціонування [5, 20]. Особливу увагу слід приділити вибору стандартних посадок в результаті розрахунку граничних зазорів [1-5]. При відсутності технологічної можливості забезпечити задану точність використовують методи неповної взаємозамінності, одним з яких є групова взаємозамінність або, як її ще називають - селективне складання.

Селективне складання застосовується з метою підвищення точності складання з'єднань для розширення допусків на обробку до економічно доцільних величин [14].

При селективному складанні деталі сортують на кілька груп [1-11], а потім роблять складання деталей в цих групах. В результаті формуються з'єднання з меншим допуском посадки, підвищується запас на знос, збільшується довговічність з'єднань.

Поширення даного методу складання широко використовується на ремонтних підприємствах АПК, тому що сюди надходять деталі і запасні частини з заводу-виробника, який застосував ці методи на своїх агрегатах, де потрібна висока точність [21, 22]. З'єднання «поршень - гільза», «поршневий палець - бобишка поршня» і деякі інші мають розмінні групи при виготовленні і ремонті двигунів внутрішнього згоряння.

Зменшення допусків вимагає застосування високоточних засобів вимірювання для сортування деталей [1-16].

Схема розташування полів допусків з'єднання «поршень - гільза циліндрів» двигунів ЗМЗ приведена на рис. 4.7.

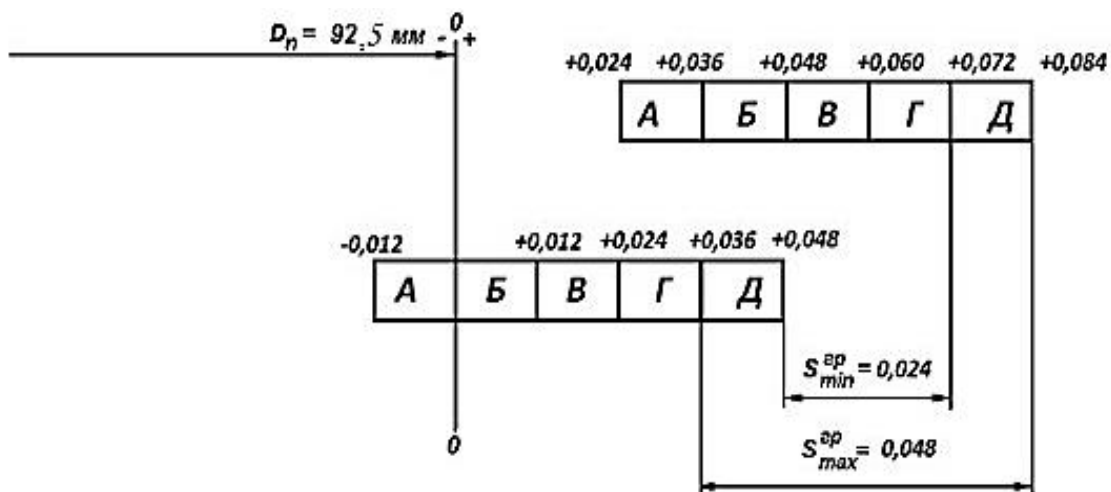


Рисунок 4.7 - Схема розташування полів допусків з'єднання «Поршень - гільза» двигунів ЗМЗ-402 за п'ятьма групами

З рис. 4.7 видно, що величина найменшого зазору в сполученні $S_{гр\ min} = 0,024$ мм, яка виступає в якості температурної поправки для врахування теплових деформацій поршня відносно гільзи циліндрів, так як поршень зазвичай виготовляється з більш легких матеріалів, ніж гільза циліндрів. Якщо даний зазор буде менше, то станеться заклинювання поршня при досягненні заданої температури. Найбільший зазор дорівнює $S_{гр\ max} = 0,048$ мм, і чим він менше, тим більша довговічність з'єднання.

Допуски на виготовлення гільзи і поршня при п'яти групах рівні $T_d = T_D = 0,06$ мм, таблиця 4.15.

Параметри при селективному складанні, розраховані за формулами (2.1-2.3) представлені в таблиці 4.16.

Таблиця 4.15 – Комплектувальна таблиця з'єднання «поршень - гільза циліндра» двигунів ЗМЗ при селекції по 5 групам

Позначення групи	Діаметр гільзи циліндрів, мм	Діаметр юбки поршня, мм	Граничні групові зазори, мкм
А	$92,5^{+0,036}_{+0,024}$	$92,5_{-0,012}$	$S_{гр\ min} = 24$ $S_{гр\ max} = 48$
Б	$92,5^{+0,048}_{+0,036}$	$92,5^{+0,012}$	
В	$92,5^{+0,060}_{+0,048}$	$92,5^{+0,024}_{+0,012}$	
Г	$92,5^{+0,072}_{+0,060}$	$92,5^{+0,036}_{+0,024}$	
Д	$92,5^{+0,084}_{+0,072}$	$92,5^{+0,048}_{+0,036}$	

Таблиця 4.16 - Підсумкові параметри при застосуванні селективного складання

Параметр	Позначення	Значення
Групові допуски	$T_{гpd} = T_{гpD}$	0,012 мм
Найбільший початковий зазор	S_{max}	0,144 мм
Додатковий запас на знос	I_d	0,096 мм

Груповий допуск в 12 мкм з метрологічної точки зору є контролепридатним з використанням універсальних засобів вимірювань, у яких похибки вимірювань забезпечуються аж до 1 мкм. З позиції, що засіб вимірювань повинен мати похибку в 3 ... 10 разів точнішу, ніж контрольована величина допуску, то можна зменшити груповий допуск в два рази, до 6 мкм, тоді будуть потрібні засоби вимірювання із похибкою 2 ... 0,6 мкм, що цілком допустимо в номенклатурі високоточних універсальних засобів вимірювань, використання яких при одиничному і дрібносерійному виробництвах економічно доцільно. Для поршня це - важільна скоба, мікрокатор, оптиметри. Для гільзи це - нутромір з головкою підвищеної точності з ціною поділки 1 і 0,5 мкм.

Розраховані значення параметрів при використанні групової взаємозамінності - збільшення кількості груп селекції в 2 рази, в нашому випадку 10 груп селекції, замість 5, представлені в таблиці 4.17.

Таблиця 4.17 - Підсумкові параметри при застосуванні групової взаємозамінності

Параметр	Позначення	Значення
Групові допуски	$T_{гpd} = T_{гpD}$	0,006 мм
Початковий зазор	$S_{гpmax}$	0,036 мм
Додатковий запас на знос	I_d	0,108 мм

Схема складання з'єднання «поршень - гільза циліндрів» при застосуванні методу групової взаємозамінності, представлена на рис. 4.8 і таблиці 4.18.

З точки зору типу виробництва, то при масовому виробництві, яке реалізовано на заводі-виробнику, таке розбиття недоцільне. Потрібні високоточні контрольні автомати для сортування деталей на групи. А для умов дрібносерійного виробництва, де не потрібна висока продуктивність контролю, можливе не тільки селективне складання, але і індивідуальний підбір пар тертя [5].

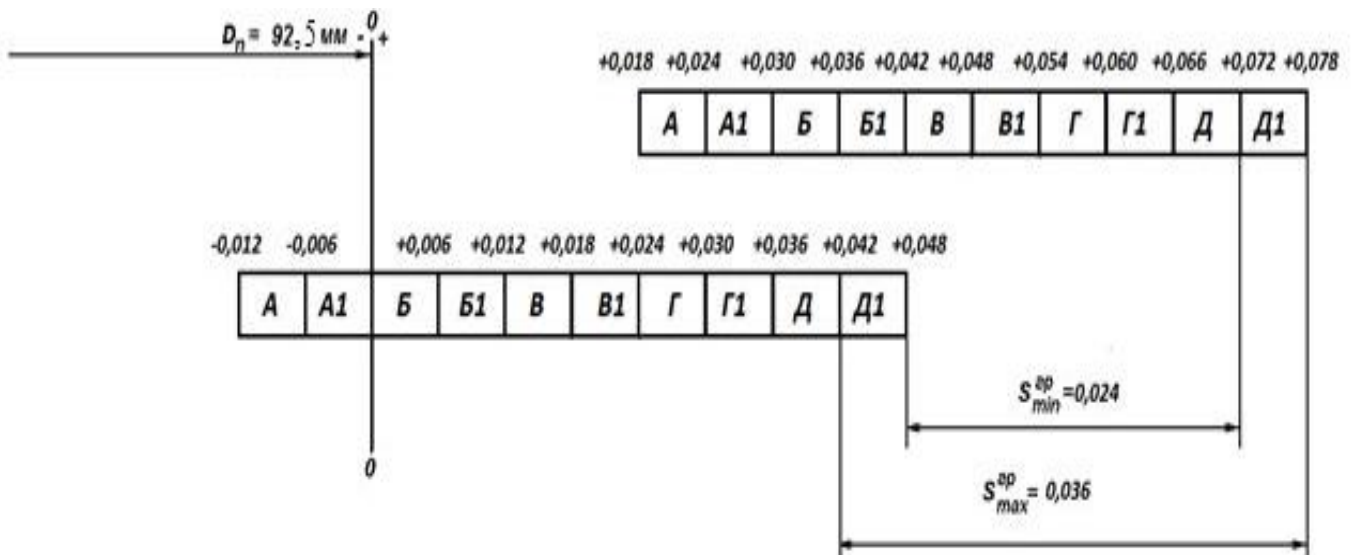


Рисунок 4.8 - Селективне складання з'єднань «Поршень - гільза циліндра» двигунів ЗМЗ по десяти групах

Таблиця 4.18 - Комплектувальна таблиця складання гільз циліндрів з поршнями двигунів ЗМЗ по 10-ти групах

Позначення групи	Діаметр отвору гільзи циліндрів, мм	Діаметр поршня, мм	Граничні групові зазори, мкм
А	$92,5^{+0,030}_{+0,024}$	$92,5^{-0,006}_{-0,012}$	$S_{грmin} = 24$ $S_{грmax} = 36$
А1	$92,5^{+0,036}_{+0,030}$	$92,5_{-0,006}$	
Б	$92,5^{+0,042}_{+0,036}$	$92,5^{+0,006}$	
Б1	$92,5^{+0,048}_{+0,042}$	$92,5^{+0,012}_{+0,006}$	
В	$92,5^{+0,054}_{+0,048}$	$92,5^{+0,018}_{+0,012}$	
В1	$92,5^{+0,060}_{+0,054}$	$92,5^{+0,024}_{+0,018}$	
Г	$92,5^{+0,066}_{+0,060}$	$92,5^{+0,030}_{+0,024}$	
Г1	$92,5^{+0,072}_{+0,066}$	$92,5^{+0,036}_{+0,030}$	
Д	$92,5^{+0,078}_{+0,072}$	$92,5^{+0,042}_{+0,036}$	
Д1	$92,5^{+0,084}_{+0,078}$	$92,5^{+0,048}_{+0,042}$	

Застосування технології двократного зменшення групового допуску дозволить значно зменшити або повністю виключити незавершене виробництво, так як можна застосувати технологію групової взаємозамінності [8]. Тут виходить, що, не порушуючи базові умови складання, з метою зменшення кількості незавершеного виробництва, можна збирати деталі, як показано на рис. 4.9 на прикладі групи Д і Д1.

Гільзу циліндрів з групи Д можна зібрати з поршнем з групи Д і Д1, а гільзу циліндрів Д1 також можна зібрати з поршнем з групи Д і Д1.

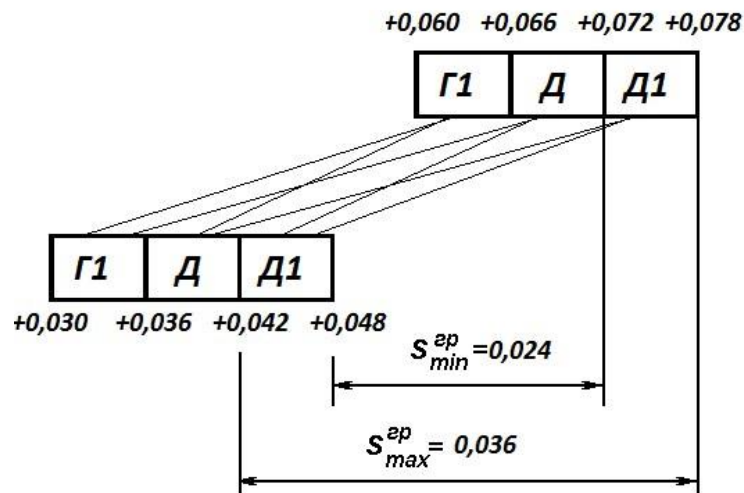


Рисунок 4.9 - Можливості групового складання

Таким чином, при застосуванні методу групової взаємозамінності і розподілі допуску на 10 груп, підвищується точність посадки і формується запас на знос, який дорівнює 12 мкм для двигунів ЗМЗ, при цьому зростає стабільність зазорів в посадці, експлуатація з'єднання починається практично з найменшого зазору, що зменшує шуми, витрату масла на чад, підвищується компресія, потужність двигуна, і найголовніше - довговічність з'єднання.

У таблиці 4.19 представлено розподіл кількості деталей по групах при селективному складанні і незавершене виробництво по групах.

Таблиця 4.19 - Розподіл кількості деталей по групах при селективній збірці

Група	Селективна збірка		Незавершене виробництво
	Гільза циліндрів	Поршень	
А	6	4	2
Б	28	26	2
В	38	38	0
Г	24	27	3
Д	4	5	1
Разом	100	100	4 гільзи і 4 поршня

Згідно таблиці 4.19 при селективному складанні 4 гільзи і 4 поршня не знайшли своєї пари, для зменшення незавершеного виробництва запропоновано використовувати метод групової взаємозамінності.

Збірка по групах при методі групової взаємозамінності представлена в таблиці 4.20.

На рис. 4.10 представлено розподіл гільз циліндрів при селективному складанні.

Таблиця 4.20 - Збірка по групах при методі групової взаємозамінності

Група	Міжгрупова взаємозамінність					
	Гільза циліндрів (До)	Поршень (До)	Незавершене виробництво (До)	Гільза циліндрів (Після)	Поршень (Після)	Незавершене виробництво (Після)
А	2	1	1	2	2	0
А1	4	3	1	5	5	0
Б	10	9	1	8	8	0
Б1	18	17	1	15	15	0
В	19	18	1	20	20	0
В1	19	20	1	21	21	0
Г	14	16	2	13	13	0
Г1	10	11	1	11	11	0
Д	3	4	1	4	4	0
Д1	1	1	0	1	1	0
Разом:	100	100	10	100	100	0

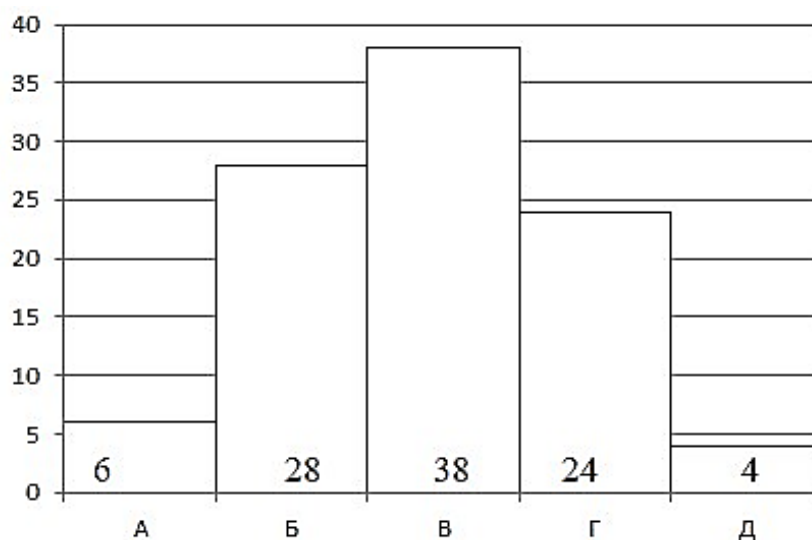


Рисунок 4.10 - Розподіл гільз циліндрів при селективному складанні

На рис. 4.11 представлено розподіл гільз циліндрів при груповій взаємозамінності і перехід з групи в групу. Згідно рис. 4.11 одна гільза перейде з групи Б до групи А1; також одна гільза перейде з групи Б до групи Б1 і т.д.

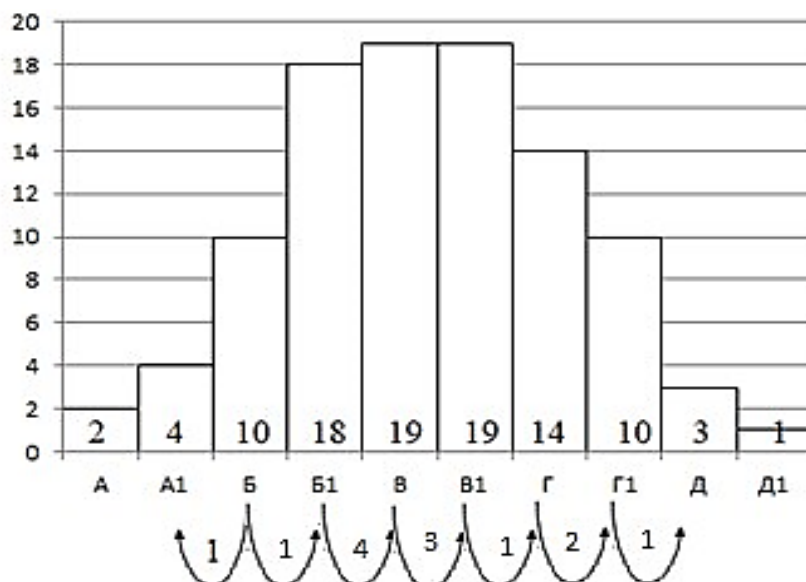


Рисунок 4.11 - Розподіл гільз циліндрів при методі групової взаємозамінності

На рис. 4.12 представлено розподіл гільз циліндрів, застосовуючи метод групової взаємозамінності.

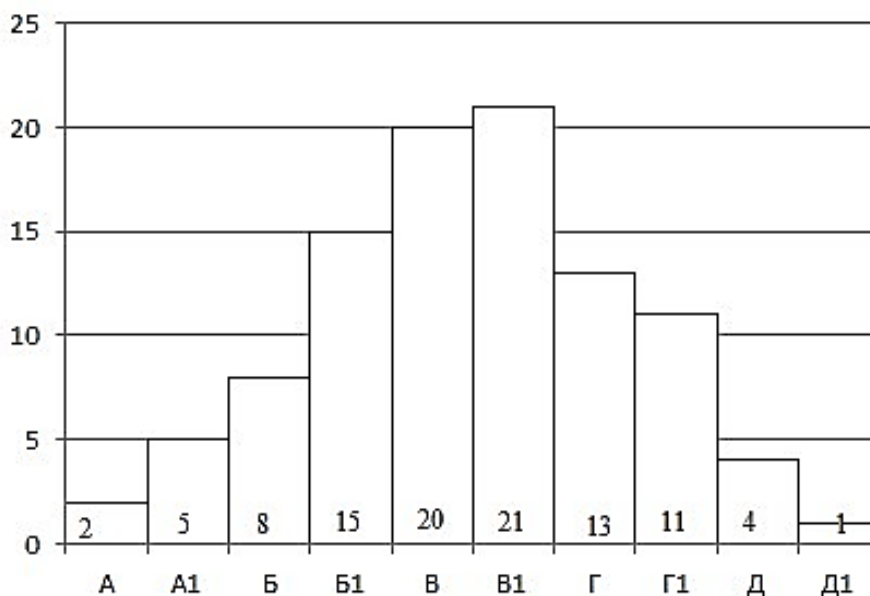


Рисунок 4.12 - Розподіл гільз циліндрів, застосовуючи метод групової взаємозамінності

На рис. 4.13 представлено розподіл поршнів при селективному складанні.

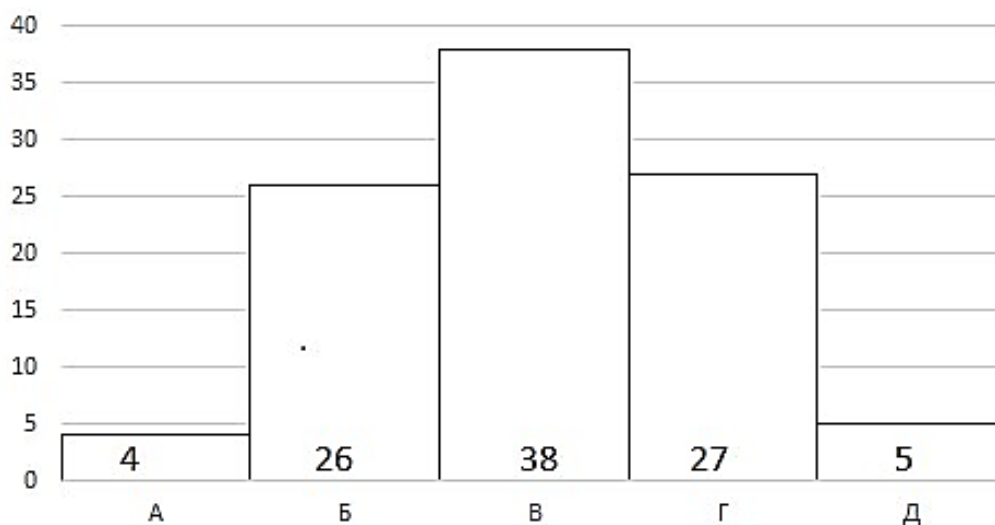


Рисунок 4.13 - Розподіл поршнів при селективному складанні

На рис. 4.14 представлено розподіл поршнів при груповій взаємозамінності і перехід з групи в групу. Таким чином, виходячи з рис. 4.14 один поршень переходить з групи А1 в групу А; 3 поршня переходять з групи Б до групи А1 і т.д.

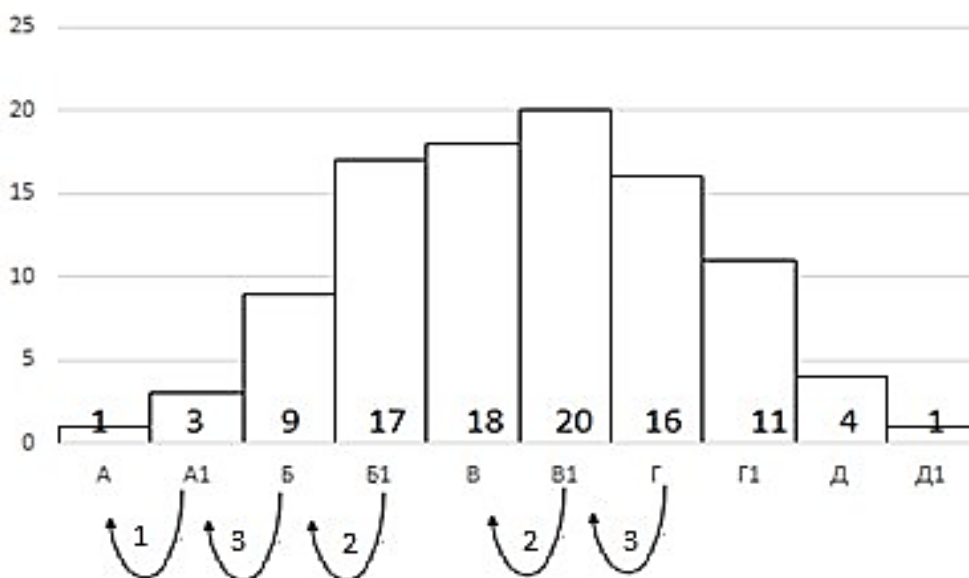


Рисунок 4.14 - Розподіл поршнів при методі груповий взаємозамінності

На рис. 4.15 представлено розподіл поршнів, застосовуючи метод групової взаємозамінності.

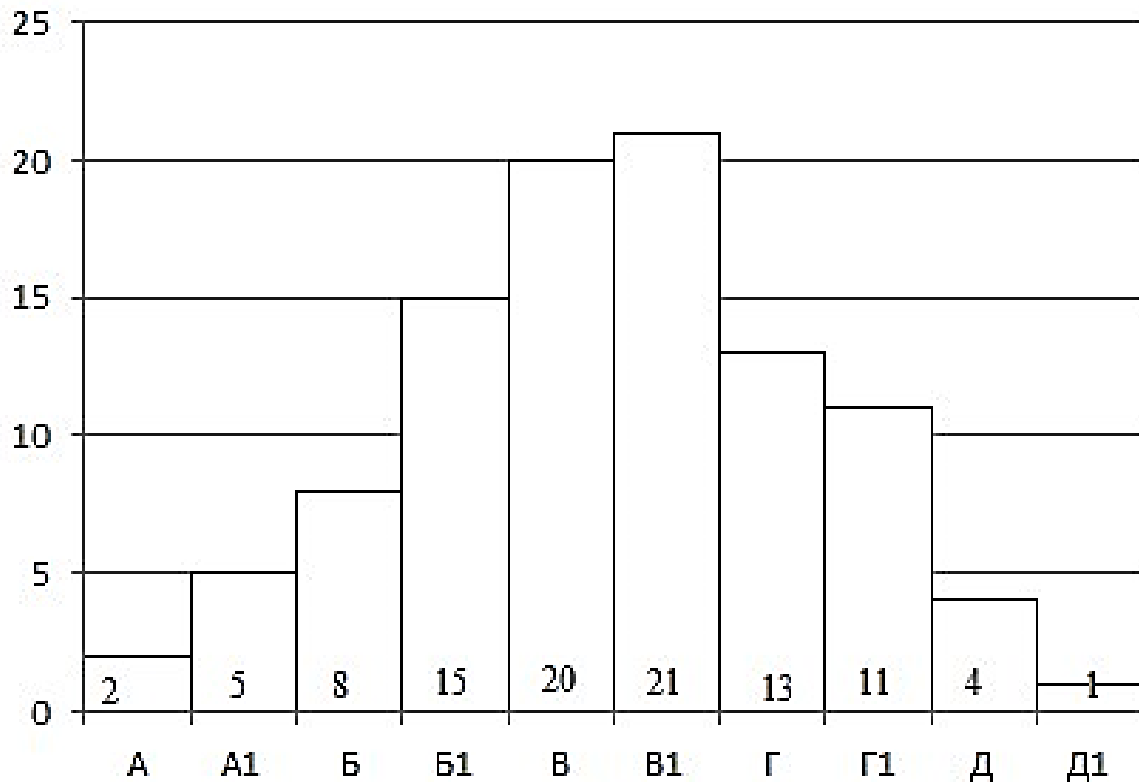


Рисунок 4.15 - Розподіл поршнів, застосовуючи метод групової взаємозамінності

Як видно з таблиці 4.20 і рис. 4.10 - 4.15, застосовуючи метод групової взаємозамінності, незавершене виробництво відсутнє.

4.9 Застосування кваліметричної оцінки рівня дефектності

За розділом 2.4 і формулами (2.14) - (2.20) була проведена кваліметрична оцінка рівня дефектності підсумкового контролю гільзи циліндрів після розточки під перший ремонтний розмір, в якій враховувалося дві основні групи - технологічний процес обробки гільзи циліндрів і процес комплектації гільзи з поршнем. Оскільки обидві групи є однаково вагомими, значення коефіцієнта вагомості для кожної групи показників M були прийняті рівним 0,5.

Коефіцієнт вагомості одиничного показника дефектності (m) розраховувався з обліку економічних втрат по кожному дефекту.

У таблиці 4.21 представлений розрахунок показників дефектності гільзи циліндрів

У таблиці 4.22 представлені розраховані значення параметрів, необхідних для кваліметричної оцінки рівня дефектності.

Базовий показник P_6 приймаємо рівним 1. Показник оціненого рівня дефектності процесу, розрахованого за формулою (2.17) дорівнює 0,29.

Таблиця 4.21 - Розрахунок показників дефектності гільзи циліндрів

№ групи	Найменування показника дефектності	Ймовірність появи, %		Коефіцієнт вагомості показника		q_i	$q_i m_i$	P_j
		до	після	одиночного, m	групового, M			
1	Дефекти процесу обробки гільз циліндрів				0,5	-	-	0,128
	Виправний брак	0,000	0,000	0,080		0,000	0,000	
	Невиправний брак	0,000	0,000	0,153		0,000	0,000	
	Порушення шорсткості дзеркала гільзи	0,006	0,006	0,153		1,000	0,026	
	Порушення допуску форми	0,025	0,025	0,153		1,000	0,026	
	Подряпини	0,019	0,019	0,153		1,000	0,026	
	Тріщини	0,006	0,006	0,153		1,000	0,026	
	Раковини	0,013	0,013	0,153		1,000	0,026	
2	Дефекти процесу комплектації				0,5	-	-	0,351
	Перехід деталей в сусідні групи при комплектації	-	-	-		-	-	
	із У в Г	5,6	3,5	0,002		0,625	0,00125	
	із Г в В	4,75	3	0,005		0,63158	0,00316	
	із Б в В	18,75	11,25	0,002		0,6	0,0012	
	із У в Б	23	11,7	0,005		0,5087	0,00254	
	із Б в А	2,7	1,5	0,002		0,55556	0,00111	
	із А в Б	2,25	0,9	0,005		0,4	0,002	
	із Г в Д	1,4	0,75	0,002		0,53571	0,00107	
	із Д в Г	0,75	0,4	0,005		0,53333	0,00267	
	із А в ВБ	0,4	0,25	0,002		0,625	0,00125	
	із Д в НБ	0,25	0,15	0,2		0,6	0,12	
	із ВБ в А	0,2	0,15	0,01		0,75	0,0075	
	із НБ в Д	0,1	0,075	0,01		0,75	0,0075	
	Незавершене виробництво	4	1	0,8		0,25	0,2	

Таблиця 4.22 - Зведена таблиця розрахунків показників дефектності процесу ремонту гільз циліндрів

№ п / п	Параметр	Позначення	Значення
1	Відносний показник дефектності	P_j	-
1.1	Для 1-ї групи	P_{j1}	0,128
1.2	Для 2й групи	P_{j2}	0,351
2	Узагальнений (сумарний) показник дефектності	$P_{об}$	0,24
3	Середнє гармонійне зважене	P	1,0
4	Середнє квадратичне зважене	$P_{кв}$	0,38
5	Середнє геометричне зважене	\bar{P}	0,21

Далі, за аналогією, оцінимо рівень дефектності вхідного контролю поршнів.

Також виділені дві основні групи - можливість появи дефектів, таких як - тріщини, задири і т.д., і друга група - дефекти при комплектації. В першій групі коефіцієнт вагомості приймаємо 0,25, тому що на ремонтне підприємство надходять поршні ремонтних розмірів. Другій групі присвоєно коефіцієнт вагомості, рівний 0,75.

У таблиці 4.23 представлений розрахунок показників дефектності поршнів ремонтних розмірів, що надійшли на ремонтне підприємство.

У таблиці 4.24 представлені розраховані значення параметрів, необхідних для кваліметричної оцінки рівня дефектності.

Базовий показник P_0 приймаємо рівним 1. Показник оціненого рівня дефектності процесу, розрахований за формулою (2.17) дорівнює 0,41.

Таким чином, за формулою (2.18) визначаємо рівень дефектності процесу, який дорівнює $P_k = 0,24$.

Отже, рівень дефектності при проведенні запропонованих заходів, таких як, вибір більш точного засобу вимірювання при вхідному контролі поршнів і застосування методу групової взаємозамінності при комплектації дозволить знизити рівень дефектності на 59%.

Таким чином, за формулою (2.18) визначаємо рівень дефектності процесу, який дорівнює $P_k = 0,24$. Отже, рівень дефектності при проведенні запропонованих заходів, таких як, вибір більш точного засобу вимірювання і застосування групової взаємо-

замінності при комплектації гільз циліндрів дозволить знизити рівень дефектності на 76%.

Таблиця 4.23 - Розрахунок показників дефектності поршнів

№ Групи	Найменування показника дефектності	Ймовірність появи, %		Коефіцієнт вагомості показника		q_i	$q_i m_i$	P_j
		до	після	Одиничного, m	групового, M			
1	Дефекти механічні				0,25	-	-	0,25
	Тріщини, задирки	1	1	0,25		1	0,25	
2	Дефекти процесу комплектації				0,75	-	-	0,49
	Перехід деталей в сусідні групи при комплектації	-	-	-		-	-	
	із У в Г	10,2	5,9	0,00186		0,57843	0,001077	
	із Г в В	9,9	0,9	0,00497		0,09091	0,00045	
	із Б в В	8,8	0,6	0,001862		0,06818	0,00012697	
	із У в Б	9	4,5	0,00497		0,5	0,00248293	
	із Б в А	1,75	1,5	0,001862		0,85714	0,00159617	
	із А в Б	1,8	0,9	0,00497		0,5	0,00248293	
	із Г в Д	1,8	1	0,001862		0,55556	0,00103455	
	із Д в Г	1,95	0,7	0,00497		0,35897	0,00178262	
	із А в НБ	0,25	0,2	0,0625		0,8	0,05	
	із Д в ВБ	0,1	0,15	0,0625		1,5	0,09375	
	із НБ в А	0,3	0,25	0,0625		0,83333	0,05208333	
	із ВБ в Д	0,15	0,2	0,0625		1,33333	0,08333333	
	Незавершене виробництво	4	1	0,8		0,25	0,2	

Таблиця 4.24 - Зведена таблиця розрахунків

№ п / п	Параметр	Позначення	Значення
1	Відносний показник дефектності	P_j	
1.1	Для 1-ї групи	P_{j1}	0,25
1.2	Для 2ї групи	P_{j2}	0,49
2	Узагальнений (сумарний) показник дефектності	$P_{об}$	0,43
3	Середнє гармонійне зважене	P	0,60
4	Середнє квадратичне зважене	$P_{кв}$	0,14
5	Середнє геометричне зважене	\bar{P}	0,41

4.10 Застосування ІТ-технологій при маркуванні запасних частин сільськогосподарської техніки

Виходячи з інформації, представленої в таблицях 1.7 і 1.9 можна визначити, що основними параметрами, що впливають на термін служби і ефективність використання, будуть: внутрішній діаметр гільзи, висота, шорсткість, діаметр під поршневий палець, маса; діаметр спідниці поршня, відхилення від форми (овальність і конусоподібність), хімічний склад [3-6].

В даний час є недолік при маркуванні деталей ЦПГ, наприклад, маркування гільз по висоті двигунів ЗМЗ позначається на зовнішній поверхні гільзи фарбою синього або зеленого кольору (рис.1.10, 1.11). Підбір поршня і поршневого пальця також проводиться по розмірним групам і позначається кольорами: білий, зелений, жовтий, червоний. Маркування на поршні діаметра під поршневий палець наноситься на ваговій бобишці. Маркування розмірних груп при підборі поршня і гільзи наноситься на посадковому паску гільзи циліндрів і днищі поршня. Підбір необхідно робити по зовнішньому діаметру поршня і внутрішньому діаметру гільзи циліндра.

Для підвищення періоду експлуатації зараз деякі виробники запасних частин пропонують комплект, до якого входять поршень, гільза, поршневі і кільця ущільнювачів; але також зберігається продаж поршнів ремонтних розмірів, але існуюча система маркування не дозволяє в повній мірі використовувати їх для підбору запасних частин, що також ускладнюють роботу складських комплексів через складну систему автоматичного зчитування.

На заміну застосовуваного зараз кольорового маркування та гравірування нами пропонується використовувати QR-код (рис. 4.16).



Рисунок 4.16 - Закодований QR-код

QR-кодом нанесеним на наклейки, можна здійснювати маркування як і елементи комплекту так і товарну упаковку. В QR-код записується інформацію про показник якості конкретного продукту і сумарну інформації про комплект, але даний варіант не дасть переваг виробнику, тому доцільно дані про продукт розміщувати на інтернет ресурсі, а адресу поміщати в QR-код.

При використанні інтернет ресурсу даний спосіб маркування дозволить виробнику підвищити продуктивність за рахунок підготовки заздалегідь закодованих міток, а також відстежувати, де саме які види продукції і яка кількість реалізована не залежно від довжини ланцюжка поставки, сформувані статистику звернень до інтернет ресурсу і як наслідок спрогнозувати попит.

Для посередників і продавців використання подібного маркування дозволить підвищити автоматизацію і зручність роботи з складськими базами даних, розміщувати в реальному часі дані про кількість та якість представленої продукції на інтернет сторінках, здійснювати підбір запасних частин спираючись не тільки на марку і модель але і на показники якості, що підвищить якість обслуговування клієнтів.

Покупець має можливість безпосередньо отримати необхідну інформацію про товар (якість, кількість і місце знаходження).

4.11 Висновки

1. Проведено метрологічний аналіз контрольних точок і розроблена методика вибору засобів вимірювань при селективному складанні для умов дрібно-серійного ремонтного виробництва. Рекомендовано контроль внутрішнього діаметра гільз циліндрів проводити нутроміром індикаторним НИ-100-0,001 при налаштуванні по настановних кільцях, що дозволить скоротити кількість неправильно прийнятих деталей на 11%, а неправильно забракованих - на 15%. Контроль діаметра спідниці поршня рекомендовано проводити скобою важельною СР-100-0,002, при цьому кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей зменшиться на 11%.

2. Проведена адаптація інструментів контролю до процесів ремонтного виробництва. Побудована діаграма Ісікави та виявлено параметри, що впливають на якість ремонту з'єднання «поршень - гільза». Застосування контрольних карт Шухарта ковзаючих розмахів і індивідуальних значень дозволило оцінити стабільність технологічного процесу фінішної обробки гільзи. Розроблено контрольний листок для визначення кількості виправного і невиправного браку та втрат по всій номенклатурі можливих дефектів. Застосування методики кваліметричної оцінки рівня дефектності показало, що при реалізації проектних пропозицій рівень дефектності процесу ремонту гільзи циліндрів знизився в 4 рази, а для процесу контролю і комплектації поршнів - в 2,4 рази.

3. Застосовано метод групової взаємозамінності, і доведено, що при збільшенні груп селекції в 2 рази, значно зменшується кількість бракованих з'єднань, скоротиться незавершене виробництво, а величина середнього зазору зменшиться на 6 мкм.

4. Запропоновано метод маркування запасних частин сільськогосподарської техніки за допомогою ІТ-технологій.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

1. З'єднання «поршень - гільза» є найважливішим елементом двигуна внутрішнього згоряння, яке вимагає гарантованого забезпечення заданого ресурсу роботи. При капітальному ремонті сільськогосподарської техніки всі з'єднання «поршень - гільза» підлягають комплектації і селективному складанню, причому поршні замінюються на нові, а гільзи в більшості випадків обробляються під ремонтний розмір.

2. Для умов дрібносерійного ремонтного виробництва теоретично обґрунтований і практично реалізований метод групової взаємозамінності з'єднань «поршень - гільза», що дозволило повністю виключити незавершене виробництво при селективному складанні.

3. Розроблено методику кваліметричної оцінки рівня дефектності технологічного процесу ремонту гільзи циліндрів і контролю поршнів, визначені контрольні точки, в кожній з яких рекомендовано використовувати адаптовані для ремонтного виробництва інструменти контролю якості.

4. Проведено метрологічний аналіз контрольних точок і розроблена методика вибору засобів вимірювань деталей при селективному складанні для умов дрібносерійного ремонтного виробництва. Рекомендовано контроль внутрішнього діаметра гільз циліндрів проводити нутроміром індикаторним НИ-100-0,001 при налаштуванні по установчих кільцях, а контроль діаметра спідниці поршня - скобою важельною СР-100-0,002, при цьому кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей зменшиться на 11 ... 15%.

5. Розроблено програму для ЕОМ для визначення техніко-економічної ефективності засобів вимірювання, що дозволяє визначити кількість неправильно прийнятих і неправильно забракованих деталей, а також розрахувати ефективність застосування більш точного засобу вимірювання.

6. Проведена адаптація інструментів контролю до процесів ремонтного виробництва. Побудована діаграма Ісікави та виявлено параметри, що впливають на якість ремонту з'єднання «поршень - гільза». Застосування контрольних карт

Шухарта ковзаючих розмахів і індивідуальних значень дозволило оцінити стабільність технологічного процесу фінішної обробки гільзи. Розроблено контрольний листок для визначення кількості виправного і невиправного браку та втрат по всій номенклатурі можливих дефектів. Застосування методики кваліметричної оцінки рівня дефектності показало, що при реалізації проектних пропозицій рівень дефектності процесу ремонту гільз циліндрів знизився в 4 рази, а для процесу контролю і комплектації поршнів - в 2,4 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антонова У.Ю. Выбор средств измерений для контроля массы комплекта «поршень – шатун» двигателя ЗМЗ с целью комплектации / У.Ю. Антонова // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию И.С. Шатилова Сборник статей. / М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2017. – С. 286-287.
2. Антонова У.Ю. Инструменты контроля качества в процессах технического сервиса машин АПК / У.Ю. Антонова // Доклады ТСХА. Материалы Международной научной конференции. – 2018. – С. 261-263.
3. Антонова У.Ю. Методика определения контрольных точек в технологическом процессе ремонта гильз цилиндров / У.Ю. Антонова // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – №5. – С. 59-65.
4. Антонова У.Ю. Организация контроля гильз цилиндров при ремонте машин / У.Ю. Антонова // Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина Сборник статей. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – 2018. – С. 233-237.
5. Антонова У.Ю. Совершенствование селективной сборки двигателей ЯМЗ при ремонте машин / У.Ю. Антонова // Доклады ТСХА. Материалы Международной научной конференции. – 2017. – С. 195-197.
6. Артемьев Ю.Н. Качество ремонта и надежность машин в сельском хозяйстве / Ю.Н. Артемьев. – М.: «Колос», 1981. – 239с., ил.
7. Ахметзянов И.Р. Разработка метода безразборной диагностики двигателя МТА на основе переходных функций его систем с применением алгоритма Байеса: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Ахметзянов Ильнур Ринатович // – Казань, 2017. – 171 с.
8. Бондарева Г.И. Вопросы качества комплектующих при ремонте сельскохозяйственной техники / Г.И. Бондарева, П.В. Голиницкий // В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 263-265.

9. Бондарева Г. И. Метрологическое обеспечение контроля деталей на машинно-технологических станциях: Учебное пособие / Г.И. Бондарева. – М.: Издательский центр МГАУ. –2007. – 217с.
10. Дорохов А.С. Входной контроль качества сельскохозяйственной техники и оценка его эффективности: методические рекомендации / А.С. Дорохов, В.А. Семейкин, В.М. Корнеев. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2010. – 140 с.
11. Ерохин М.Н. Особенности обеспечения качества ремонта сельскохозяйственной техники на современном этапе / М.Н. Ерохин, О.А. Леонов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2005. – № 1. – С. 9-12.
12. Журавлева А.Р. Разработка методики выбора средств измерений для контроля отверстий при ремонте сельскохозяйственной техники: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Журавлева Анастасия Романовна. – М., 2012. – 230 с.
13. Карлик Е.М. Опыт определения затрат на обеспечение и повышение качества продукции в машиностроении / Е.М. Карлик, Демиденко Д.С. // – Л.: ЛДНТП, 1982. - 28 с.
14. Карпузов В.В. Выбор средств измерений для входного контроля качества поршней в условиях ремонтного производства / В.В. Карпузов, Н.Ж. Шкаруба, И.И. Сапожников, У.Ю. Антонова // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – №4. – С. 83-89.
15. Паладійчук Ю.Б. Методи та засоби при експлуатаційній обкатці машин та механізмів / Ю.Б. Паладійчук, О.В. Гуцаленко, Т.В. Чорна // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця: ВНАУ, 2012. – Випуск 10 (59). – Т. 2 – С. 110-113.
16. Анисимов В.Ф. Влияние технического состояния прецизионных пар на эффективные показатели дизеля / В.Ф. Анисимов, В.И. Музычук, И.П. Паламарчук, И.М. Ковалева // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вінниця: ВНАУ, 2015. – Випуск 1 (89). – Т. 2 – С. 8-15.
17. Пришляк В.М. Аналіз показників роботи двигуна Д-240 за розрахунками комп'ютерної програми DIESEL-RK / В.М. Пришляк, А.А. П'ясецький, С.А. Бурлака

// Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2015. – Випуск 2 (90). – С. 28-32.

18. Гунько І.В. Транспорт - актуальні проблеми та сьогодення / І.В. Гунько, О.В. Гуцаленко // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2015. – Випуск 2 (90). – С. 98-103.

19. Пришляк В.М. Визначення ефективності роботи автотракторних двигунів адаптованих для часткових режимів навантаження / В.М. Пришляк, А.А. П'ясецький, С.А. Бурлака // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2016. – Випуск 3 (95). – С. 57-62.

20. Барановський В.М. Роль і місце технічного діагностування в системі технічної експлуатації автомобілів в сільському господарстві / В.М. Барановський, А.В. Спирін, Ю.А. Полевода, І.В. Твердохліб // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця : ВНАУ, 2018. – Випуск 1 (100). – С. 24-28.

21. Борисюк Д.В. Механізація сільськогосподарського виробництва. Частина 1: Трактори - для студентів спеціальності 5.09010202 «Бджільництво» / Д. В. Борисюк, І.В. Твердохліб, В.І. Яцковський. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2015. - 550 с.

22. Борисюк Д.В. Методичні вказівки для виконання самостійної роботи з дисципліни «Механізація сільськогосподарського виробництва». Частина 1: Трактори - для студентів спеціальності 5.09010202 «Бджільництво» / Д.В. Борисюк, І.В. Твердохліб, В.П. Комаха. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2013. – 55 с.

23. Анісімов В.Ф. Випробування автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання / В.Ф. Анісімов, А.А. П'ясецький. – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. - 41 с.

24. Паладійчук Ю.Б. Методичні вказівки до виконання курсового проекту і розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Ремонт машин та обладнання» для студентів денної та заочної форми навчання зі спеціальностей 7.091902. та 8.091902 «Механізація сільського господарства» ОКР «Спеціаліст», «Магістр» / Ю.Б. Паладійчук, І.О. Пахнючий, О.О. Труханська, Р.В. Будяк. - Вінниця: ВЦ ВДАУ, 2007. – 43 с.