

На правах рукописи

АНТОНОВА УЛЬЯНА ЮРЬЕВНА

**ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ
РЕМОНТЕ СОЕДИНЕНИЯ «ГИЛЬЗА - ПОРШЕНЬ»**

**Специальность: 05.20.03 – Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2020

Работа выполнена на кафедре метрологии, стандартизации и управления качеством ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева».

Научный руководитель: **Леонов Олег Альбертович,**
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой метрологии,
стандартизации и управления качеством
ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Пастухов Александр Геннадиевич,**
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой технической механики и
конструирования машин ФГБОУ ВО
«Белгородский государственный аграрный
университет имени В.Я. Горина»

Павлюк Роман Владимирович,
кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры технического сервиса, стандартизации
и метрологии ФГБОУ ВО «Ставропольский
государственный аграрный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный научный
агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ
ВИМ)

Защита состоится «19» марта 2020 г. в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.043.14 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127550, Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8(499)976-21-84.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте Университета www.timacad.ru.

Автореферат разослан « » января 2020 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Кобозева Тамара Петровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Технический сервис играет огромную роль в поддержании сложной сельскохозяйственной техники в рабочем состоянии. На качество ремонта оказывают значительное влияние множество слагаемых, но в первую очередь это операции контроля, назначение которых – не допустить брак в производство и к потребителю. Современная статистика использования на передовых предприятиях инструментов контроля качества показывает, что с их помощью решается от 80 до 95% проблем, но в мелкосерийном ремонтном производстве они представлены слабо. Инструменты контроля качества позволяют предприятию иметь достоверную информацию о качестве и вовремя предпринимать корректирующие и предупреждающие действия для сокращения брака в производстве. Качество отремонтированных деталей, узлов и агрегатов зависит и от рационального выбора средств измерений и контроля с целью уменьшения количества неправильно принятых и неправильно забракованных деталей, и в свою очередь, внутренних и внешних потерь, особенно это касается вопросов обеспечения качества и точности контроля деталей при селективной сборке, возможностей исключения незавершенного производства.

Данная работа посвящена одной из главных проблем в механизации сельского хозяйства – повышению качества ремонта соединения «поршень – гильза» за счет совершенствования методов и выбора средств контроля.

Степень разработанности. Вопросами повышения качества контроля при ремонте сельскохозяйственной техники занимались такие ученые, как Голубев И.Г., Дорохов А.С., Ерохин М.Н., Иванов А.И., Карепин П.А., Кряжков В.М., Корнилович С.А., Лезин П.П., Левшин А.Г., Лельчук П.П., Леонов О.А., Михлин В.М., Пучин Е.А., Рыжков А.И., Сковородин В.Я., Фатхутдинов Р.А., Халфин М.А., Черноиванов В.И., Шкаруба Н.Ж. и др.

Но в настоящее время нерешенными остались вопросы наличия незавершенного производства и выбора средств измерений при селективной сборке, а инструменты контроля качества практически не применяются при ремонте сельскохозяйственной техники.

Цель работы - повышение качества сборки соединения «поршень – гильза» при ремонте за счет обоснования, адаптации и внедрения инструментов контроля качества, совершенствование селективной сборки и методики выбора средств измерений с целью уменьшения незавершенного производства и количества неправильно принятых и неправильно забракованных деталей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ технологического процесса ремонта гильзы цилиндров и входного контроля поршней с позиции возможности применения методов и средств контроля для обеспечения качества селективной сборки;

2. Теоретически обосновать и практически реализовать метод межгрупповой взаимозаменяемости соединений «поршень – гильза» с целью

значительного уменьшения незавершенного производства при селективной сборке;

3. Разработать методику оценки дефектности процесса ремонта гильзы цилиндров, обосновать контрольные точки, в которых применить инструменты контроля качества с целью вывода информации о браке;

4. Провести метрологический анализ контрольных точек и разработать методику выбора средства измерений для контроля гильз цилиндров и поршней при селективной сборке;

5. Разработать программу для ЭВМ для расчета неправильно принятых и неправильно забракованных деталей;

6. Практически апробировать применение диаграммы Исикавы, контрольных карт Шухарта, контрольных листков для технологического процесса ремонта гильзы цилиндров. Определить квалиметрическую оценку уровня дефектности процесса до и после реализации предлагаемых мероприятий.

7. Провести расчет экономической эффективности от использования более точных средств измерений и применения межгрупповой взаимозаменяемости.

Объект исследований. Восстановленные под первый ремонтный размер гильзы цилиндров и поршни ремонтного размера двигателя ЗМЗ семейства 402. Технологические процессы ремонта гильзы цилиндров, комплектации и сборки с поршнем.

Предмет исследований. Обоснование использования классических и новых инструментов контроля качества в ремонтном производстве на примере процесса ремонта соединения «поршень – гильза».

Научная новизна. Разработана методика квалиметрической оценки уровня дефектности технологического процесса ремонта гильзы цилиндров; усовершенствована форма контрольного листка, где введен расчет данных о потерях от исправимого и неисправимого брака по всей номенклатуре возможных дефектов; разработана методика выбора средств измерений при селективной сборке; теоретически обосновано применение межгрупповой взаимозаменяемости в соединении «поршень – гильза» с целью улучшения качества сборки соединения и исключения незавершенного производства.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Применение методики выбора средств измерений при селективной сборке позволило снизить от 10 до 15% количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей при ремонте соединения «поршень – гильза» цилиндров двигателей ЗМЗ-402.

2. Использование контрольных карт Шухарта скользящих размахов и индивидуальных значений позволило провести оценку стабильности технологического процесса финишной обработки гильзы. Рекомендовано проводить замену изношенного оборудования при достижении пороговых значений коэффициентов точности и настроенности, или смещать зону рассеяния в сторону исправимого брака с последующей оценкой увеличения стоимости при повторной обработке гильз.

3. Применение межгрупповой взаимозаменяемости в соединении «поршень – гильза» позволило полностью исключить незавершенного производство и уменьшить допуск посадки в два раза.

Методология и методы исследований. Использовалась методика микрометража и дефектации восстановленных и новых деталей, методика определения неправильно принятых и неправильно забракованных деталей по РД 50-98-86. Для обработки экспериментальных данных применялись методы теории вероятностей, математической статистики, компьютерные программы.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Для технологического процесса обработки гильз цилиндров под ремонтный размер определены контрольные точки, проведен их метрологический анализ, построена диаграмма Исикавы, обосновано применение контрольных карт Шухарта, усовершенствована форма контрольного листка, реализована методика квалиметрической оценки уровня дефектности технологического процесса.

2. Разработана и применена методика выбора средств измерений при селективной сборке, при этом количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей снижено на 10...15% за счет использования более точных средств измерений.

3. Теоретически обоснован и практически реализован метод межгрупповой взаимозаменяемости с целью исключения незавершенного производства и повышения качества сборки соединения.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы внедрены в практическую деятельность ООО «Оптимум авто» (г. Москва).

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Положения диссертационной работы доложены на международных конференциях:

на научно-практической конференции с международным участием, посвященной 200-летию Н.И. Железнова (г. Москва, РГАУ-МСХА, 2016 г.);

на международной научной конференции, посвященной 130-летию Н.И. Вавилова (г. Москва, РГАУ-МСХА, 2017 г.);

на международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию И.С. Шатилова (г. Москва, РГАУ-МСХА, 2017 г.);

на международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин (г. Белгород, 2018);

на II международной научно-практической конференции «Горячкинские чтения» (г. Москва, РГАУ-МСХА, 2018 г.);

на международной научная конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина (г. Москва, РГАУ-МСХА, 2018 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, авторское свидетельство на программу ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 159 страницах машинописанного текста, состоит из введения, пяти глав,

заклучения и списка использованной литературы. Приложения составляют 2 страницы. Список литературы включает 122 источника. Работа содержит 43 таблицы и 44 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели и задачи исследования, а также научная новизна и практическая значимость научных 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. Соединение «поршень – гильза» является важнейшим элементом двигателя внутреннего сгорания, которое требует гарантированного обеспечения заданного ресурса работы. При капитальном ремонте сельскохозяйственной техники все соединения «поршень – гильза» подлежат комплектации и селективной сборке, причем поршни заменяются на новые, а гильзы в большинстве случаев обрабатываются под ремонтный размер. Исходя из представленного, были сформулированы цели, задачи и намечена общая схема исследования.

Во второй главе разработана общая методика применения методов и средств обеспечения качества на ремонтных предприятиях, которая представлена в виде схемы, рисунок 1, реализованной для соединения «поршень – гильза» и определены главные контрольные точки:

КТ1 – контрольная точка, где идет проверка качества очистки, в случае обнаружения неполной очистки детали повторно отправляются на мойку;

КТ2 – контрольная точка, где осуществляется дефектация гильзы цилиндров по геометрическим параметрам, таким как внутренний диаметр, отклонения формы (овальность и конусообразность), диаметры верхнего и нижнего центрирующих поясков, высота от верхнего торца до упорного бурта, выявляются также задиры, трещины и раковины;

КТ3 – контрольная точка, где осуществляется итоговый контроль качества восстановления внутреннего диаметра гильзы цилиндров, при этом гильзу контролируют по диаметру в двух сечениях и двух плоскостях, также проверяют шероховатость поверхности и отклонения формы.

Далее был 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. Рекомендовано на всех этапах использовать контрольные листки с целью анализа брака. Для оценки технологического процесса финишной обработки гильзы цилиндров рекомендовано использовать контрольные карты Шухарта по количественному признаку – скользящих размахов и индивидуальных значений.

Значительно улучшить качество селективной сборки позволяет метод межгрупповой взаимозаменяемости. Сущность метода состоит в том, что за

счет уменьшения групповых допусков в два раза можно соединять детали из соседних групп между собой. При этом минимальный групповой зазор остается тот же, а максимальный групповой зазор уменьшается. Данный метод позволяет проводить сборку соединений в условиях единичного и мелкосерийного ремонтного производства.

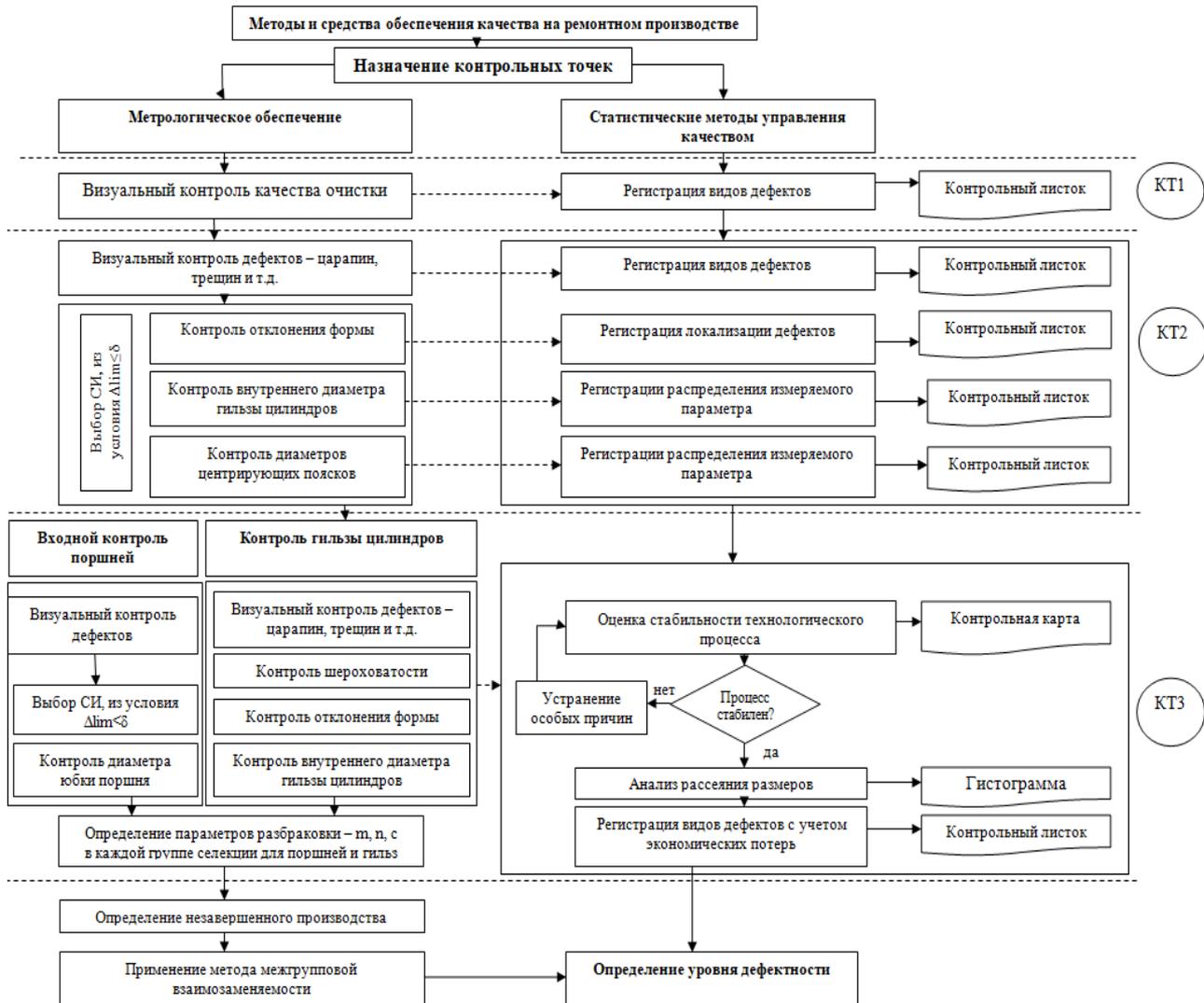


Рисунок 1 – Общая методика применения методов и средств обеспечения качества на ремонтных предприятиях (для соединения «поршень – гильза»)

При селективной сборке групповой допуск детали T_{gp} определяется путем деления технологического допуска T на количество групп селекции n :

$$T_{gp} = T/n. \quad (1)$$

При применении межгрупповой взаимозаменяемости групповые допуски соединяемых деталей уменьшатся в два раза и будут равны:

$$T'_{gp} = T/(2n) = 0,5T_{gp}. \quad (2)$$

Наибольший зазор в посадке при обычной селекции равен:

$$S_{gpmax} = S_{gpmin} + T_{epd} + T_{epD}, \quad (3)$$

где S_{gpmin} – наименьший групповой зазор в посадке; T_{epd} и T_{epD} – групповые допуски вала (индекс d) и отверстия (индекс D).

При условии равенства $T_{epd} = T_{epD} = T_{gp}$ получим:

$$S_{зрmax} = S_{зрmin} + 2T_{зр}. \quad (4)$$

Наибольший зазор в посадке при применении межгрупповой взаимозаменяемости равен:

$$S'_{зрmax} = S_{зрmin} + 0,5(T_{зрD} + T_{зрD}) = S_{зрmin} + T_{зр}. \quad (4)$$

Тогда дополнительный запас на износ составит:

$$I_{\delta} = S_{зрmax} - S'_{зрmax} = T_{зр} = 2T'_{зр}. \quad (5)$$

Таким образом, применение метода межгрупповой взаимозаменяемости позволит изыскать резервы для дополнительного запаса на износ и значительно уменьшить потери, связанные с возникновением незавершенного производства и, что в итоге повысит общее качество сборки. Недостаток данного метода – повышенные требования к точности измерений при сортировке деталей на группы и увеличение трудоемкости контроля.

Разработана методика квалиметрической оценки уровня дефектности технологических процессов ремонта гильз цилиндров и комплектации поршней. Вначале, при оценке единичных показателей качества используется дифференциальный метод, затем определяются значения относительных показателей дефектности в каждой группе по формуле

$$P_j = \sum_{i=1}^n m_i \cdot q_i, \quad (6)$$

где m_i – значение коэффициента весомости i -го единичного свойства (показателя); q_i – величина i -го дифференциального показателя качества изделий; n – количество единичных показателей в данной j -й группе показателей.

Значение обобщенного (суммарного) показателя дефектности оцениваемого процесса вычисляется по формуле

$$P_{об} = \sum_{j=1}^N M_j \cdot P_{гj}, \quad (7)$$

где M_j – коэффициент весомости j -ой группы показателей; N – число групп показателей качества.

Уровень дефектности технологического процесса определяется как отношение комплексного показателя после улучшения $P_{об}$ к соответствующему показателю до реализации мероприятий $P_{б}$.

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. На данную программу получено свидетельство о государственной регистрации. Алгоритм программы представлен на рисунке 2, Компилятор Code Blocks транслирует программу, составленную на языке программирования C++, близкому к машинному коду.

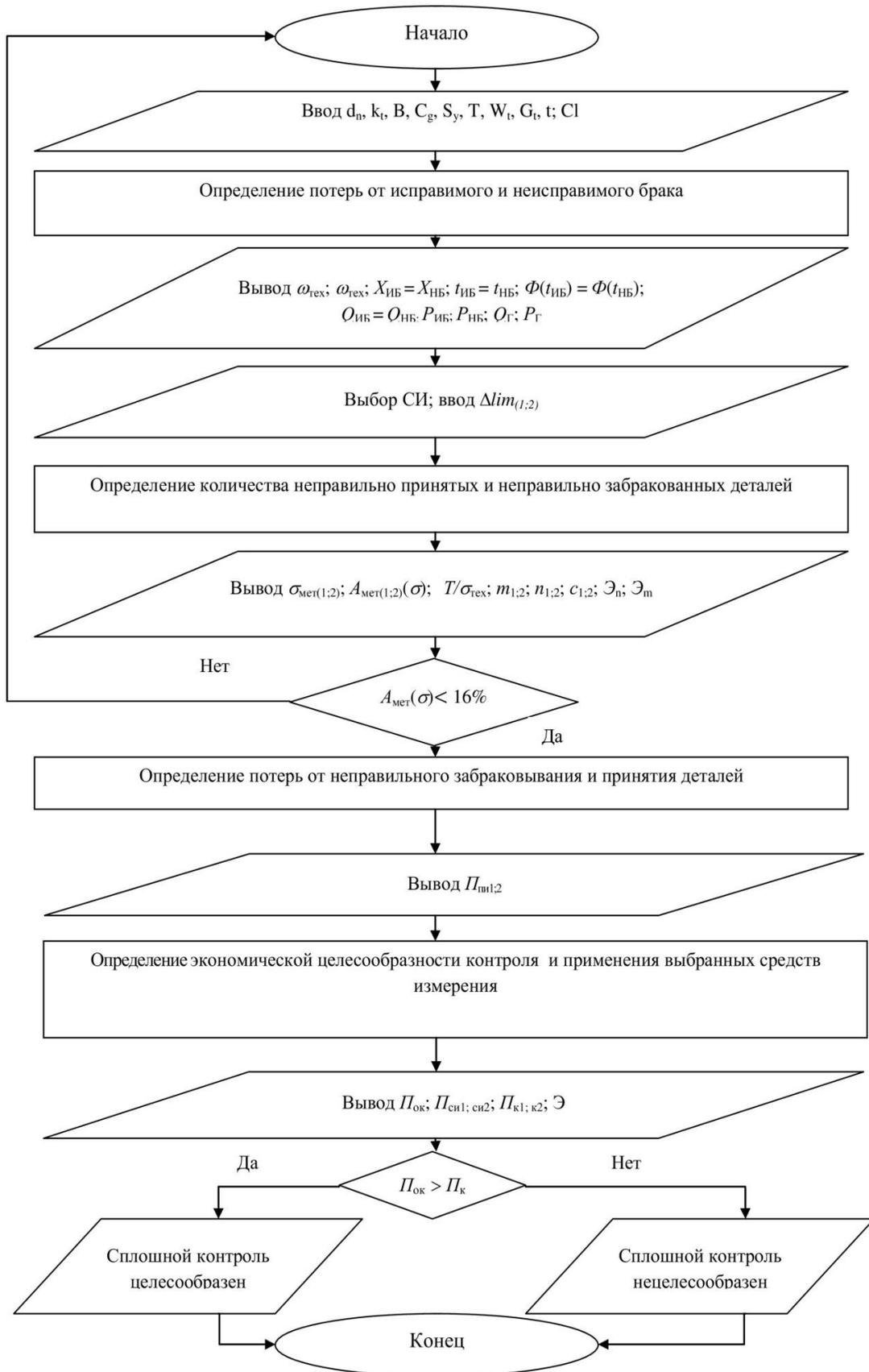


Рисунок 2 – Алгоритм программы

В четвертой главе представлены результаты исследований и их анализ. В качестве объекта исследований выступали детали соединения «поршень – гильза» двигателей ЗМЗ-402.

Для контроля внутреннего диаметра гильзы цилиндров было выбрано средство измерений (СИ) – нутромер индикаторный НИ-100 с ценой деления отсчетного устройства 0,001 мм, при этом приняты условные обозначения: СИ1 – при настройке по концевым мерам 1 класса, погрешность $\Delta_{lim}=\pm 6$ мкм; СИ2 – при настройке по установочным кольцам, $\Delta_{lim}=\pm 3,5$ мкм. В результате контроля сформировались параметры разбраковки, таблица 1.

Таблица 1 – Параметры разбраковки гильз цилиндров при использовании нутромера индикаторного с различной точностью настройки

Расстояние от середины поля допуска до границы соответствующей группы $2t$, мм	Коэффициент точности измерений $A_{мет}$, %		Количество неправильно забракованных деталей n , %		Количество неправильно принятых деталей m , %		Величина выхода измеряемого параметра за границу допуска c , мм	
	СИ1	СИ2	СИ1	СИ2	СИ1	СИ2	СИ1	СИ2
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
Сумма	-	-	33,3	17,85	26,85	15,77	-	-

Таким образом, при использовании более точного СИ количество неправильно принятых гильз уменьшилось на 11%, а количество неправильно забракованных гильз – на 15%.

При входном контроле наружного диаметра юбки поршня, таблица 2, выбраны следующие средства измерений: СИ1 – микрометр рычажный в стойке при настройке по концевым мерам 2 класса с ценой деления 0,01 мм, погрешность $\Delta_{lim}=\pm 6$ мкм; СИ2 – скоба рычажная с ценой деления 0,002 мм СР-100 в стойке при настройке по концевым мерам 2 класса, $\Delta_{lim}=\pm 3,5$ мкм.

Таблица 2 – Параметры разбраковки поршней при использовании средств измерений разной точности

Расстояние от середины поля допуска до границы соответствующей группы $2t$, мм	Коэффициент точности измерений $A_{мет}$, %		Количество неправильно забракованных деталей n , %		Количество неправильно принятых деталей m , %		Величина выхода измеряемого параметра за границу допуска c , мм	
	СИ1	СИ2	СИ1	СИ2	СИ1	СИ2	СИ1	СИ2
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
Сумма	-	-	23,3	12,75	22,7	11,25	-	-

Из таблицы 2 видно, что при использовании более точного средства измерения количество неправильно принятых и неправильно забракованных поршней меньше на 11%.

С помощью контрольных карт Шухарта скользящих размахов и индивидуальных значений произведена оценка стабильности технологического процесса финишной обработки внутренней поверхности гильзы цилиндров под 1-й ремонтный размер $92,5^{+0,084}_{+0,024}$ мм на двух хонинговальных станках, имеющих на предприятии – 3А 833 и 3Г 833.

Таблица 3 – Расчет статистических параметров контрольных карт

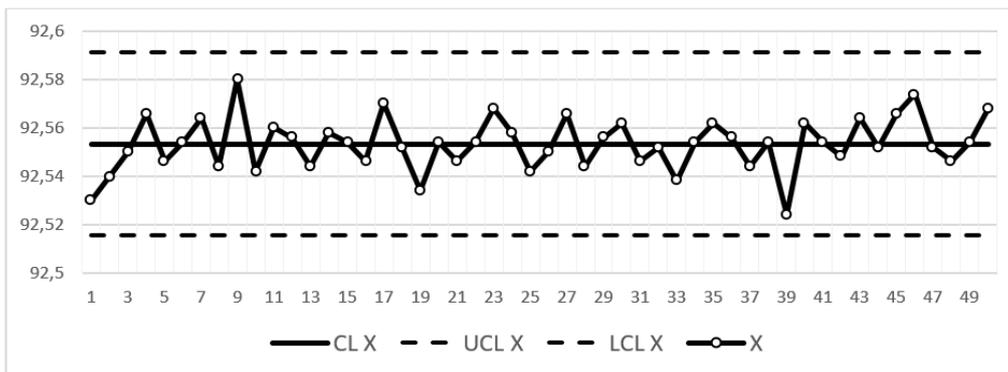
№ п/п	Параметр	Обозначение	Значение для станков:		
			3А 833	3Г 833 (до сдвига)	3Г 833 (после)
Для контрольной карты скользящих размахов					
1	Центральная линия	CL R	0,011 мм	0,014 мм	0,0118 мм
2	Верхняя контрольная граница	UCL R	0,0372 мм	0,0465 мм	0,0385 мм
3	Нижняя контрольная граница	LCL R	0 мм	0 мм	0 мм
Для контрольной карты индивидуальных значений					
4	Центральная линия	CL X	92,554 мм	92,553 мм	92,552 мм
5	Верхняя контрольная граница	UCL X	92,584 мм	92,591 мм	92,584 мм
6	Нижняя контрольная граница	LCL X	92,524 мм	92,515 мм	92,521 мм
7	Индекс воспроизводимости процесса	C_{pk}	1	0,81	1

Для первого станка 3А 833 получен индекс воспроизводимости $C_{pk} = 1$, поэтому процесс удовлетворителен (количество несоответствий составляет 0,27%), выпадающие точки и линии тренда отсутствуют. Следовательно, процесс находится в стабильном состоянии.

Для второго станка 3Г 833 выявлено, что индекс воспроизводимости равен $C_{pk} = 0,81$, поэтому процесс признан неудовлетворительным (количество несоответствий составляет 1,3 %), точки выходят за контрольные границы, рисунок 3. В связи с этим, были исключены особые причины изменчивости – зона рассеяния смещена в сторону исправимого брака путем перенастройки станка. После этого проведена повторная оценка стабильности технологического процесса на станке 3Г 833, рисунок 4.

Таким образом, применение такого метода статистического контроля качества как контрольные карты Шухарта скользящих размахов и индивидуальных значений, позволило провести анализ стабильности технологического процесса обработки гильз цилиндров под ремонтный размер на двух станках – 3А 833 и 3Г 833, было выявлено несоответствие (повышенный уровень брака) на втором станке, проведены корректирующие мероприятия в виде смещения зоны рассеяния в сторону исправимого брака. Повторная оценка процесса показала соответствие значений предъявляемым требованиям.

ММ



ММ

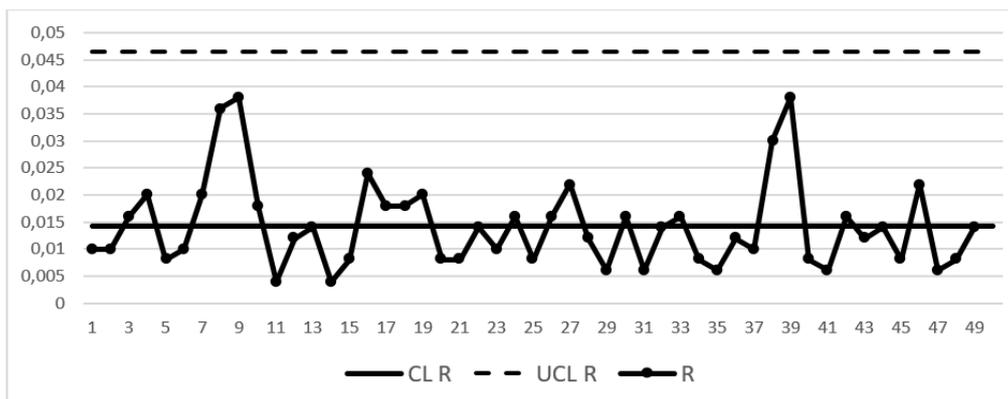
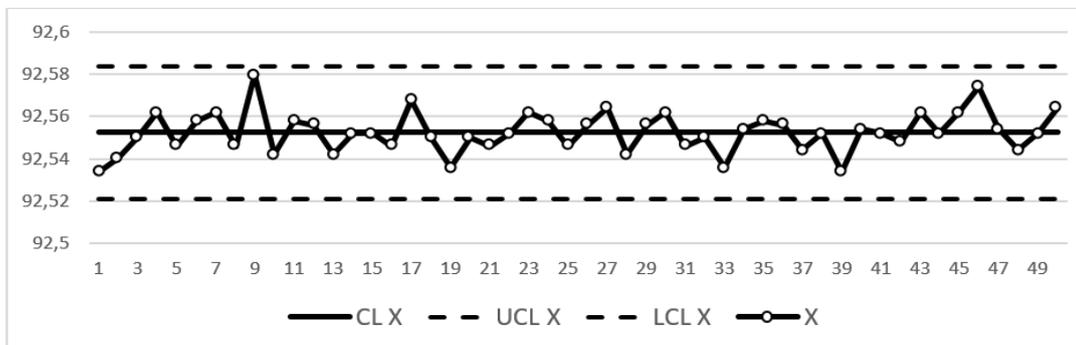


Рисунок 3 – Контрольные карты индивидуальных значений (вверху) и скользящих размахов (внизу) для станка 3Г 833 до перенастройки ММ



ММ

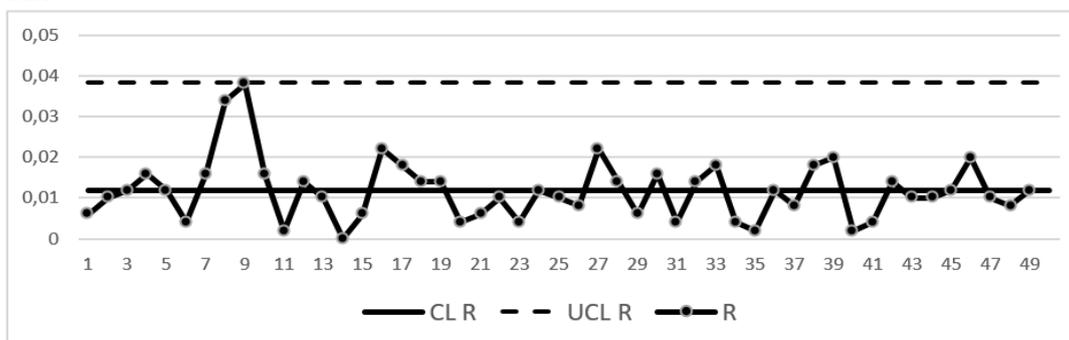


Рисунок 4 – Контрольные карты индивидуальных значений (вверху) и скользящих размахов (внизу) для станка 3Г 833 после перенастройки

Имеющиеся в настоящее время виды контрольных листков не позволяют экономически оценить внутренние и внешние потери от дефектов. В связи с этим, был разработан контрольный листок для оценки количества исправимого и неисправимого брака по всей номенклатуре возможных дефектов и оценки экономических потерь при контроле гильз цилиндров после обработки под ремонтный размер, рисунок 5.

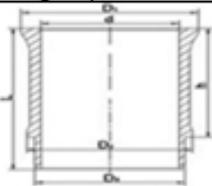
Контрольный листок по месту расположения дефектов					
Предприятие: Цех: Участок:	Изделие: гильза цилиндров Операция: контроль Контроллер:	Контролируемые размеры, мм	Количество деталей	Потери, связанные с дефектами	
Эскиз детали		160	Потери от дефекта, р.	Внутренние потери, р.	
		Стоимость детали 3000 р.			
		Итого:			
Типы дефектов	Данные контроля за 1 месяц	Вид брака			
Царапины	///	НБ	3	3000	9000
Трещины	/	НБ	1	3000	3000
Раковины	//	НБ	2	3000	6000
Шероховатость > допустимой	/	НБ	1	3000	3000
Несоответствие размеров:					
$d > d_{max}$	-	ИБ	-	-	-
$d < d_{min}$	-	НБ	-	-	-
Овальность > EFK	//	НБ	2	3000	6000
Конусообразность > EZK	//	НБ	2	3000	6000

Рисунок 5 – Новый вид контрольного листка с расчетом потерь

Реализован на практике метод межгрупповой взаимозаменяемости, суть которого заключается в делении группы селекции на две подгруппы, рисунок 6. Не нарушая, а только ужесточая базовые условия сборки, можно собирать детали, как показано на рисунке 7 на примере групп Г1, Д и Д1. Гильзу цилиндров из группы Д можно собрать с поршнем из группы Д и Д1, а гильзу цилиндров из группы Д1 также можно собрать с поршнем из группы Д и Д1. Дополнительно, при реализации 10 групп селекции, формируется запас на износ, который равен 12 мкм для двигателей ЗМЗ-402, при этом возрастает стабильность зазоров в посадке, эксплуатация соединения начинается практически с наименьшего зазора, что уменьшает шумы, расход масла на угар, повышает компрессию, мощность двигателя, и самое главное – долговечность соединений.

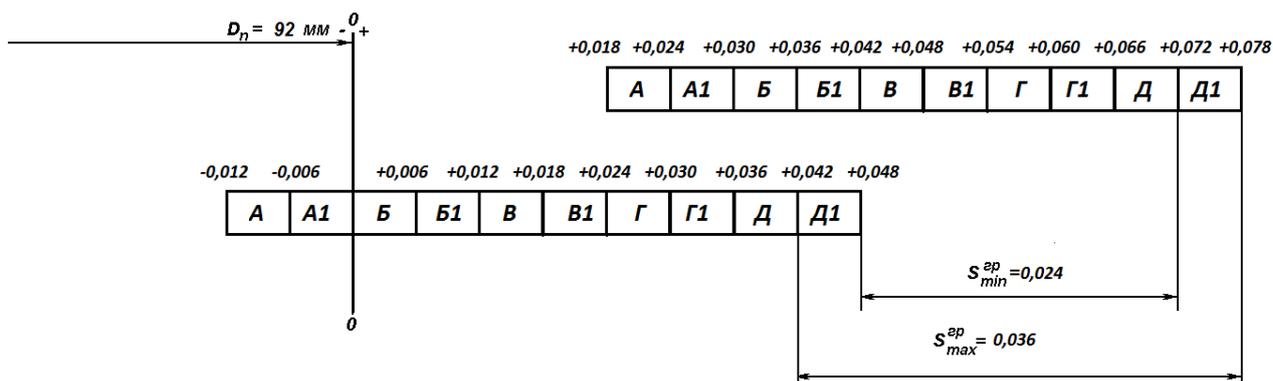


Рисунок 6 – Селективная сборка соединений «поршень – гильза» двигателей ЗМЗ-402 по десяти группам

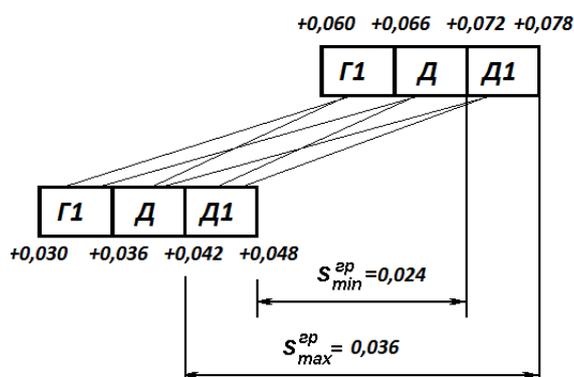


Рисунок 7 – Элемент межгрупповой сборки в группах Г и Д

Как видно из рисунка 7 и данных таблицы 4, метод межгрупповой взаимозаменяемости позволяет полностью исключить незавершенное производство за счет использования возможности перехода деталей в соседние группы.

Таблица 4 – Исчезновение незавершенного производства при применении метода межгрупповой взаимозаменяемости для соединения «поршень – гильза» двигателя ЗМЗ–402

Группа	Межгрупповая взаимозаменяемость					
	Гильза цилиндров (до)	Поршень (до)	Незавершенное производство (до)	Гильза цилиндров (после)	Поршень (после)	Незавершенное производство (после)
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
Итого:	100	100	10	100	100	0

Применена методика квалиметрической оценки уровня дефектности технологического процесса ремонта гильз цилиндров и комплектации поршней. В таблице 5 представлены результаты расчета показателей дефектности гильзы цилиндров по предлагаемой методике. Базовый показатель дефектности принят равным $P_6 = 1$. Уровень дефектности процесса после реализации проектных мероприятий равен $P_{об} = 0,24$. Следовательно, при проведении предложенных мероприятий, таких как выбор более точного средства измерения и применение межгрупповой взаимозаменяемости при комплектации гильз цилиндров, позволит снизить уровень дефектности на 76%.

Таблица 5 – Расчет показателей дефектности технологического процесса ремонта гильзы цилиндров

№ группы	Наименование показателя дефектности	Вероятность появления, %		Коэффициент весомости показателя		q_i	$q_i m_i$	P_j
		до	после	единичного, m	группового, M			
1	Дефекты процесса обработки гильз цилиндров				0,5	-	-	0,128
	Исправимый брак	0,000	0,000	0,080		0,000	0,000	
	Неисправимый брак	0,000	0,000	0,153		0,000	0,000	
	Нарушение шероховатости	0,006	0,006	0,153		1,000	0,026	
	Отклонения формы	0,025	0,025	0,153		1,000	0,026	
	Царапины	0,019	0,019	0,153		1,000	0,026	
	Трещины	0,006	0,006	0,153		1,000	0,026	
	Раковины	0,013	0,013	0,153		1,000	0,026	
2	Дефекты процесса комплектации				0,5			0,351
	Переход деталей в соседние группы	-	-	-		-	-	
	Из В в Г	5,6	3,5	0,002		0,625	0,00125	
	Из Г в В	4,75	3	0,005		0,632	0,00316	
	Из Б в В	18,75	11,25	0,002		0,6	0,0012	
	Из В в Б	23	11,7	0,005		0,509	0,00254	
	Из Б в А	2,7	1,5	0,002		0,556	0,00111	
	Из А в Б	2,25	0,9	0,005		0,4	0,002	
	Из Г в Д	1,4	0,75	0,002		0,536	0,00107	
	Из Д в Г	0,75	0,4	0,005		0,533	0,00267	
	Из А в ИБ	0,4	0,25	0,002		0,625	0,00125	
	Из Д в ИБ	0,25	0,15	0,2		0,6	0,12	
	Из ИБ в А	0,2	0,15	0,01		0,75	0,0075	
	Из ИБ в Д	0,1	0,075	0,01		0,75	0,0075	
Незавершенное производство	4	1	0,8	0,25	0,2			
Обобщенный (суммарный) показатель дефектности $P_{об}$								0,24

Аналогичные расчеты были проведены для технологического процесса контроля и комплектации поршней, уровень дефектности после реализации проектных мероприятий составил $P_{об} = 0,43$.

В пятой главе дана экономическая оценка эффективности от применения результатов исследования. Экономический эффект от применения более точных средств измерений при программе контроля 1000 гильз цилиндров и 1000 поршней составит 345340 р. Экономия за счет полного сокращения незавершенного производства составляет 280000 р. при программе ремонта 125 двигателей ЗМЗ-402 в год.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Соединение «поршень – гильза» является важнейшим элементом двигателя внутреннего сгорания, которое требует гарантированного обеспечения заданного ресурса работы. При капитальном ремонте сельскохозяйственной техники все соединения «поршень – гильза» подлежат комплектации и селективной сборке, причем поршни заменяются на новые, а гильзы в большинстве случаев обрабатываются под ремонтный размер.

2. Для условий мелкосерийного ремонтного производства теоретически обоснован и практически реализован метод межгрупповой взаимозаменяемости соединений «поршень – гильза», что позволило полностью исключить незавершенное производство при селективной сборке.

3. Разработана методика квалиметрической оценки уровня дефектности технологического процесса ремонта гильзы цилиндров и контроля поршней, определены контрольные точки, в каждой из которых рекомендовано использовать адаптированные для ремонтного производства инструменты контроля качества.

4. Проведен метрологический анализ контрольных точек и разработана методика выбора средств измерений деталей при селективной сборке для условий мелкосерийного ремонтного производства. Рекомендовано контроль внутреннего диаметра гильз цилиндров проводить нутромером индикаторным НИ-100-0,001 при настройке по установочным кольцам, а контроль диаметра юбки поршня - скобой рычажной СР-100-0,002, при этом количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей уменьшится на 11...15%.

5. Разработана программа для ЭВМ для определения технико-экономической эффективности средств измерения, позволяющая определить количество неправильно принятых и неправильно забракованных деталей, а также рассчитать эффективность применения более точного средства измерения.

6. Проведена адаптация инструментов контроля к процессам ремонтного производства. Построена диаграмма Исикавы и выявлены параметры, влияющие на качество ремонта соединения «поршень – гильза». Применение контрольных карт Шухарта скользящих размахов и индивидуальных значений позволило оценить стабильность технологического процесса финишной обработки гильзы. Разработан контрольный листок для определения количество

исправимого и неисправимого брака и потерь по всей номенклатуре возможных дефектов. Применение методики квалитметрической оценки уровня дефектности показало, что при реализации проектных предложений уровень дефектности процесса ремонта гильзы цилиндров снизился в 4 раза, а для процесса контроля и комплектации поршней – в 2,4 раза.

7. Экономический эффект от применения более точных средств измерений при программе контроля 1000 деталей, образующих соединение «поршень – гильза» составит 345340 р. Экономия за счет полного сокращения незавершенного производства составит 280000 р. при программе ремонта 125 двигателей ЗМЗ в год.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

1. Леонов, О.А. Выбор универсальных средств измерений для контроля гильз цилиндров двигателя при селективной сборке / О.А. Леонов, **У.Ю. Антонова** // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №6. – С. 52-57.

2. Леонов, О.А. Методика расчета экономии от использования более точного средства измерений при изготовлении и ремонте машин / О.А. Леонов, **У.Ю. Антонова** // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2018. – № 4 (86). – С. 42-46.

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. Леонов, О.А. Совершенствование селективной сборки соединения «цилиндр – поршень» для условий мелкосерийного ремонтного производства / О.А. Леонов, **У.Ю. Антонова** // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2019. – № 2 (22). – С. 60-67.

Публикации в сборниках научных трудов и материалах конференций

5. Антонова, У.Ю. Инструменты контроля качества в процессах технического сервиса машин АПК / У.Ю. Антонова // – В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 261-263.

6. Антонова, У.Ю. Контроль массы сборочной единицы "поршень-шатун" двигателя ЗМЗ-402 с целью комплектации / У.Ю. Антонова // Наука без границ. –2017. –№ 11 (16). – С. 69-72.

Авторские свидетельства, патенты, лицензии

7. Определение технико-экономической эффективности средств измерения: а.с. 2018619746 Рос. Федерация: / **У.Ю. Антонова**, О.А. Леонов, М.А. Ибодуллаева; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА

имени К.А. Тимирязева. – № 2018619746; рег. 20.06.18, опубл. 10.08.20018, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

Монографии

8. Леонов, О.А. Организация и метрологическое обеспечение входного контроля на предприятиях технического сервиса / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, **У.Ю. Антонова** // Монография. М.: ФГБОУ РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – 129 с.