

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА имени К.А.  
ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи



**ЛАЗАРЬ ВЕРА ВЛАДИМИРОВНА**

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ФИНИШНОЙ  
ОБРАБОТКИ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ПРИ РЕМОНТЕ  
ДВИГАТЕЛЕЙ**

Специальность 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для  
агропромышленного комплекса

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Леонов Олег Альбертович

Москва – 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЗАДАЧИ И ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ	9
1.1 Анализ материально-технической базы предприятий АПК .....	9
1.2 Система ремонтных размеров и массовое производство .....	15
1.3 Состояние и потребность в технологическом оборудовании на машиностроительном и ремонтном предприятиях ТС в АПК .....	22
1.4 Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования .....	25
1.5 Анализ существующих методов оценки качества технологического оборудования .....	28
1.6 Развитие статистических методов контроля качества процессов в машиностроении и ремонтном производстве .....	33
1.7 Объект исследования.....	35
1.8 Выводы, цель и задачи исследования.....	44
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЕРТИКАЛЬНО-ХОНИНГОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ	46
2.1 Основные принципы оценки качества технологического оборудования и процессов обработки .....	46
2.2 Разработка методики оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров .....	47
2.3 Оценка стабильности технологического процесса .....	54
2.4 Выводы.....	59
3 МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	60
3.1 Выбор методов и методика контроля при изготовлении гильз цилиндров .....	60
3.2 Средств измерения внутреннего диаметра гильз цилиндров .....	63
3.3 Практика применения контрольных карт для статистического	

управления процессом .....	65
3.4 Контрольные листки для сбора данных .....	68
3.5 Выводы.....	69
<b>4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ</b>	<b>70</b>
4.1 Микрометраж гильз цилиндров .....	70
4.2 Исследование технологического процесса на стабильность.....	74
4.3 Характеристики станков и оценка интегрального показателя качества.....	79
4.4 Оценка качества выбранных станков с помощью предложенной методики для производства .....	82
4.5 Оценка качества станков параметрическим методом для производства	97
4.6 Оценка качества станков в ремонтном производстве .....	105
4.7 Выводы.....	116
<b>5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ</b>	<b>118</b>
5.1 Расчет технико-экономической эффективности.....	118
5.2 Выводы.....	120
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>122</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>124</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>139</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** По данным мониторинга департамента растениеводства, механизации и защиты растений Минсельхоза РФ более 38% всех отказов сельскохозяйственной техники приходится на долю двигателей внутреннего сгорания. Одной из основных деталей, лимитирующих ресурс двигателя, является гильза цилиндров. От состояния рабочей поверхности гильз цилиндров зависит работоспособность двигателя. Со временем, в процессе работы двигателя, происходит износ гильз цилиндров. Это влечет за собой понижение мощности, значительно увеличивается расход топлива и смазки, возрастает расход масла на угар, появляются затруднения при запуске двигателя и т.д.

При ремонте двигателей гильзы цилиндров заменяются на новые или обрабатываются под ремонтный размер. Стабильность качества гильз цилиндров в обоих случаях обеспечивается рациональным выбором технологического оборудования – вертикально-хонинговальных станков, причем особое внимание следует уделять процессу финишной обработки, где формируются требуемые геометрические размеры, отклонения формы и шероховатость поверхности, которые оказывают существенное влияние на дальнейший ресурс двигателя.

Данная работа посвящена разработке методики оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров и апробации ее на имеющейся номенклатуре вертикально-хонинговальных станков ремонтных и машиностроительных предприятий.

**Степень разработанности.** Большой вклад в исследования проблем эффективности и качества ремонта сельхозтехники внесли многие отечественные ученые, такие как Голубев И.Г., Величко С.А., Денисов В.А., Дорохов А.С., Ерохин М.Н., Иванов А.И., Карепин П.А., Комаров В.А., Кряжков В.М., Кушнарев Л.И., Левшин А.Г., Леонов О.А., Михлин В.М., Пучин Е.А., Рыжков А.И., Тимохин С.В., Фатхутдинов Р.А., Халфин М.А., Черноиванов В.И., Шкаруба Н.Ж. и др.

Общие принципы расчета интегрального показателя качества для технологического оборудования раскрыты в работах Кочетова В.В.

Вопросы выбора критериев и практических рекомендаций для оценки качества технологического оборудования и процессов при изготовлении и ремонте гильз цилиндров на вертикально-хонинговальных станках находятся в непрерывном улучшении, но часть из них решена не полностью.

**Цель работы** – оценка качества технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров при ремонте двигателя внутреннего сгорания на основе совместного применения контрольных карт Шухарта, гистограмм и интегрального показателя качества.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Предложить методику оценки качества технологического процесса финишной обработки деталей и ремонта станков. Определить коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт станков.
2. Провести оценку качества процесса финишной обработки гильз цилиндров двигателей, обработанных под ремонтный размер, и новых гильз цилиндров, входящих в ремкомплекты.
3. Определить интегральный показатель качества и провести оценку технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров двигателей.
4. Определить экономическую эффективность технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров при использовании заданной номенклатуры технологического оборудования.

**Объект исследований.** Технологический процесс финишной обработки гильз цилиндров при ремонте двигателей машин агропромышленного комплекса.

**Предмет исследований.** Методика оценки качества технологических процессов финишной обработки гильз цилиндров и оборудования с помощью контрольных карт Шухарта, гистограмм и интегрального показателя качества.

**Научная новизна.** Получена формула зависимости интегрального показателя качества технологического процесса финишной обработки гильз

цилиндров, где использованы удельные показатели таких ресурсов, как материалоемкость, трудоемкость, энергоемкость, а также трудоемкость технического обслуживания и ремонта станков.

**Теоретическая значимость.** Разработана и апробирована методика обоснования оценки качества технологического процесса и оборудования при финишной обработке гильз цилиндров на вертикально – хонинговальных станках в АПК.

**Практическая значимость работы** заключается в следующих результатах: определены интегральные показатели качества и коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт вертикально – хонинговальных станков;

применены контрольные карты и гистограммы для оценки качества технологических процессов финишной обработки гильз цилиндров под ремонтный размер;

проведена оценка эффективности использования заданной номенклатуры технологического оборудования в ремонтном производстве.

**Методология и методы исследований.** Для обработки экспериментальных данных применялись методы теории вероятностей и математической статистики. Для оценки уровня качества технологического процесса использовался интегральный и параметрический методы оценки.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Методика расчета интегрального показателя качества вертикально-хонинговальных станков, определяемого через удельные показатели затрачиваемых ресурсов.

2. Результаты расчета коэффициентов отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт к стоимости оборудования.

3. Полученные величины интегрального показателя качества для вертикально-хонинговальных станков, применяемых при ремонте двигателей и для производства ремкомплектов, на основании которых формируются выводы о рациональности использования оборудования.

**Достоверность результатов исследований.** Исследования проводились в соответствии с современными методиками. Результаты исследований, опубликованные в независимых источниках, согласуются с данными полученными другими учеными, и прошли апробацию в печати. Основные положения диссертации получили положительные результаты при апробации на АО «Костромской завод автокомпонентов» и специализированном моторном центре «АБ-Инжиниринг» (ООО «Дека-Про»).

**Реализация результатов работы.** Результаты диссертационной работы внедрены в практическую деятельность АО «Костромской завод автокомпонентов» и специализированного моторного центра «АБ-Инжиниринг» (ООО «Дека-Про»).

**Личный вклад автора в решение поставленных задач** заключается в постановке задач исследований, участие в проведении теоретических и экспериментальных исследований, расчет и интерпретации полученных результатов, подготовке публикаций по выполненной работе.

**Апробация результатов исследований.** Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на конференциях:

II всероссийская научно-техническая конференция «Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении» (г. Тула, 8-9 октября 2020 г.);

международная научная конференция профессорско-преподавательского состава, посвященная 155-летию РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, 2-4 декабря 2020 г.);

конференция «Чтения академика В.Н. Болтинского» (г. Москва, 20-21 января 2021 г.);

международная научно-практическая конференция «Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития» (г. Красноярск, 20-22 апреля 2021 г.);

национальная научно-практическая конференция «Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки» (г. Брянск, 20-21 мая 2021 г.);

конференция «Чтения академика В.Н. Болтинского» (г. Москва, 25-26 января 2022 г.).

**Публикации.** Научные результаты диссертации опубликованы в 16 научных работах, из этих работ 2 статьи в Scopus и 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 137 наименований и приложения. Диссертация изложена на 145 страницах, содержит 50 таблиц и 42 рисунка.

# 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЗАДАЧИ И ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 1.1 Анализ материально-технической базы предприятий АПК

Одной из главных задач нашей страны является решение проблемы обеспечения продовольственной безопасности России, а это напрямую связано с эффективностью сельскохозяйственного производства. В настоящее время работа Правительства РФ во главе с В.В. Путиным направлена на реализацию вопросов, связанных с наращиванием научного и технологического потенциала агропромышленного комплекса. От уровня обеспеченности техникой зависят сроки выполнения агротехнических работ, что влияет на урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

В последние годы сохраняется тенденция сокращения материально-технической базы предприятий АПК в Российской Федерации, а темпы обновления парка машин практически сравнялись с темпами выбытия техники, таблицы 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Приобретение новых самоходных машин в АПК, % к наличию на конец года

Года	Наименование, %		
	Тракторы	З.у. комбайны	К.у. комбайны
2010	2,3	3,5	4,1
2016	3,3	6,6	5,0
2017	3,6	6,4	5,0
2018	3,4	5,6	4,6
2019	3,4	4,9	4,2
2020	4,2	6,2	5,3

Таблица 1.2 – Списание самоходных машин в АПК, % к наличию на конец года

Года	Наименование, %		
	Тракторы	З.у. комбайны	К.у. комбайны
2010	5,1	6,9	8,1
2016	4,1	5,7	6,5
2017	3,7	5,3	6,2
2018	3,6	4,8	5,9
2019	3,4	4,4	4,9
2020	3,6	4,7	5,5

Но если посмотреть на техническое обеспечение отрасли, то видно, что количество техники снизилось по сравнению с 2016 г., таблица 1.3., рисунок 1.1.

Таблица 1.3 – Парк самоходных машин в сельскохозяйственных организациях, зарегистрированные в органах Ростехнадзора, тыс. шт.

Наименование	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2021 г. к 2016 г., %
Тракторы	400,9	389,8	389,4	391,2	394,5	387,3	96,6
Зерноуборочные комбайны	129,6	129,9	130,2	130,5	130,8	132,6	102,3
Кормоуборочные комбайны	15,1	14,7	14,4	13,9	14,1	13,5	89,4

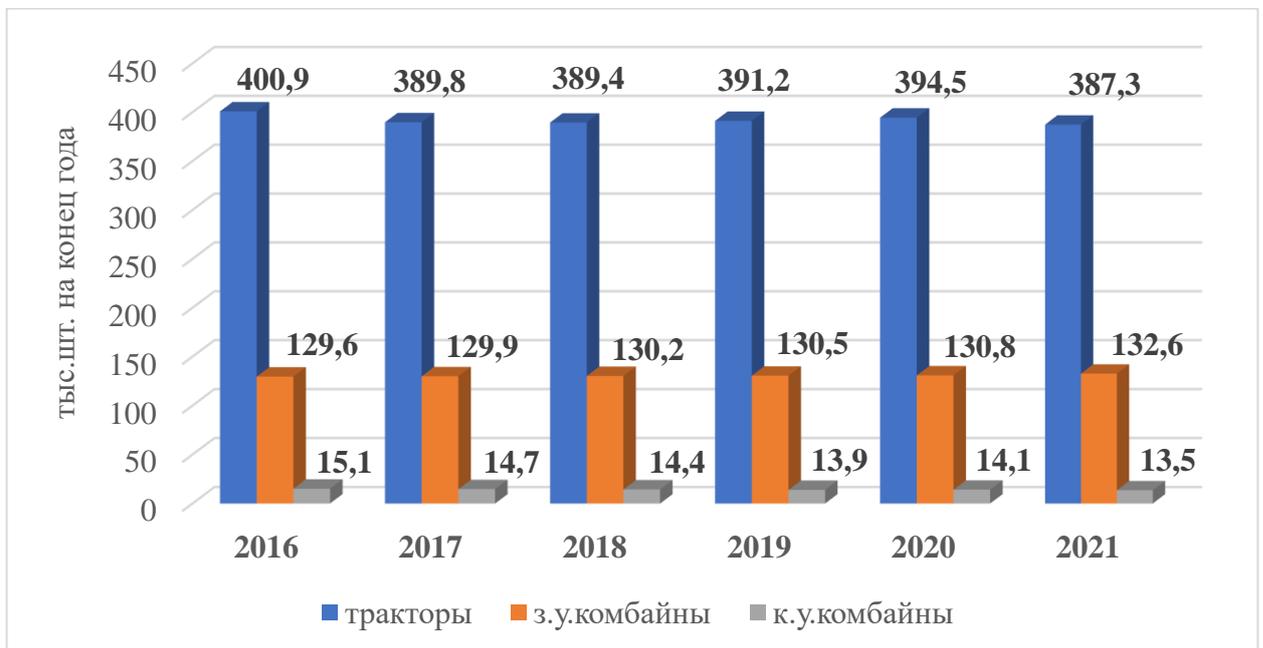


Рисунок 1.1 - Парк самоходных машин в сельскохозяйственных организациях, зарегистрированные в органах Ростехнадзора РФ

Данные, приведенные в вышестоящих таблицах, говорят о том, что материально-технический парк сильно изношен. Основной возрастной состав сельскохозяйственной техники АПК на 2020 год составляет: до 3 лет – 16%, от 3 лет до 10 лет – 26%, более 10 лет – 58% (рисунок 1.2).

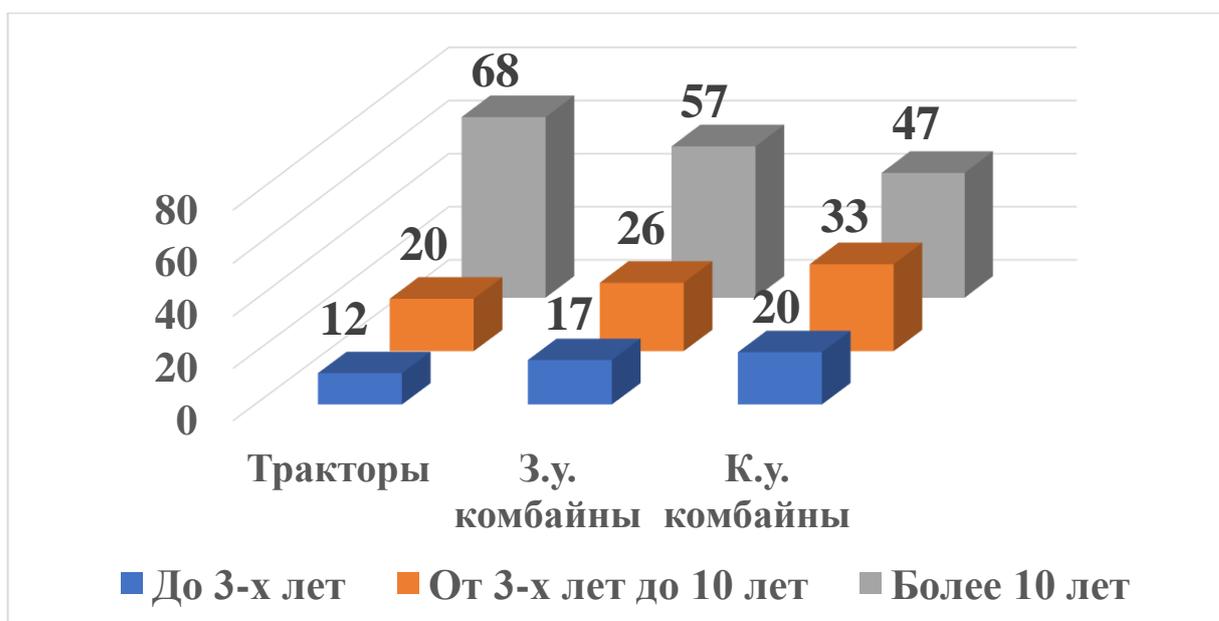


Рисунок 1.2 - Возрастной состав основной сельскохозяйственной техники, %

Доля техники, имеющей срок эксплуатации более десяти лет с момента изготовления, согласно отчетам министерства сельского хозяйства РФ, по тракторам снизилась до 56,97% (в 2020 году - 57,25%), по зерноуборочным комбайнам до 45,54% (в 2020 году - 45,85%), по кормоуборочным комбайнам увеличилась до 43,58% (в 2020 году - 42,88%), таблица 1.4.

Таблица 1.4 – Виды техники, имеющей срок эксплуатации более десяти лет с момента изготовления, в РФ, %

Виды техники	2020	2021
Тракторы	57,25	56,97
Зерноуборочные комбайны	45,85	45,54
Кормоуборочные комбайны	42,88	43,58

Основное падение количества техники, имеющей срок эксплуатации более 10 лет с момента изготовления связано с естественными процессами износа, старения и выбытия.

Согласно отчетам министерства сельского хозяйства РФ, за 2021 год различными сельскохозяйственными производителям было реализовано 23 516 комбайнов и тракторов (рост 19% год к году).

В их числе 15779 тракторов (рост 19% год к году), комбайнов зерноуборочных 7036 (рост 20% год к году), кормоуборочных (падение 2,5%) (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Приобретение основных видов сельскохозяйственной техники, ед.

Виды техники	2020	2021	2021 к 2020, %
Тракторы	13237	15779	19,2
Зерноуборочные комбайны	5856	7036	20,2
Кормоуборочные комбайны	719	701	-2,5

Но не смотря на эти приобретения, показатели надежности отечественной техники не повышаются, а техническая обеспеченность отрасли даже снизилась [57, 58].

Многие сельскохозяйственные предприятия были закрыты или перепрофилированы, так как из-за низкой платежеспособности перестали осуществлять капитальный ремонт автомобилей, тракторов и комбайнов [59]. В настоящее время затраты на ремонт сельскохозяйственной техники составляют почти 55 млрд. руб., что около 11% от всей выручки за производимую сельскохозяйственную продукцию, рисунок 1.3. Производственные мощности, оставшихся сельскохозяйственных предприятий используются на 9-14%.

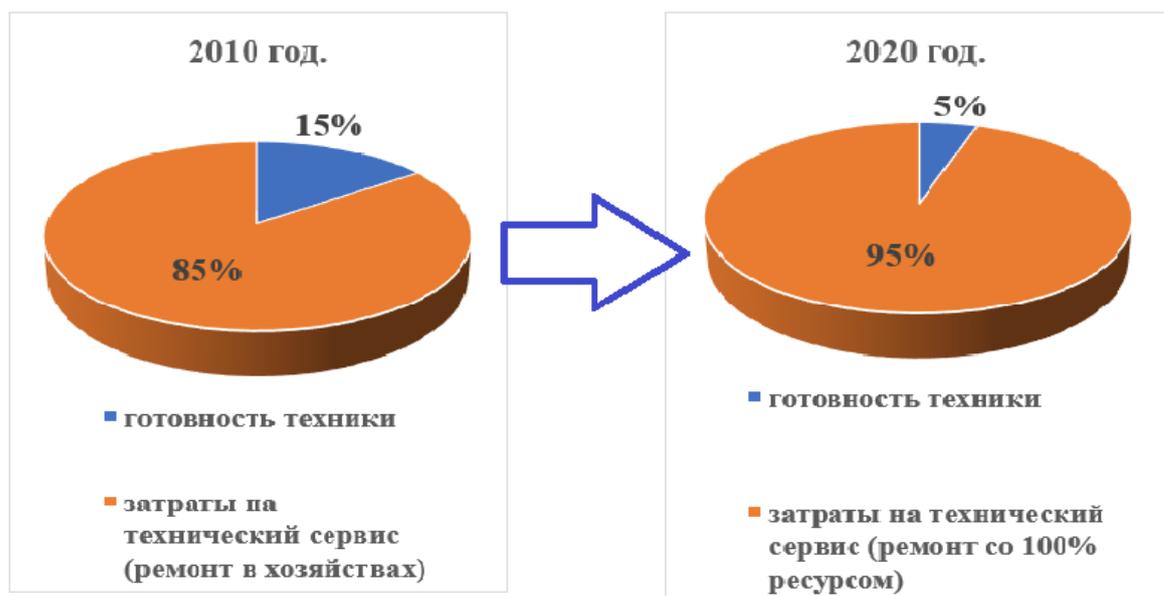


Рисунок 1.3 – Доля затрат на технический сервис МТП в себестоимости сельскохозяйственной продукции

По данным ГОСНИТИ, машиностроительные и ремонтные предприятия меняют свою основную деятельность. Только 11% сохранили основной профиль, ремонтно-техническое оборудование, кадры и объемы работ. В техническом обслуживании и ремонте машин, в настоящее время, доля участия ремонтных предприятий и заводов составляет 3-5 % [14, 106].

В сложившихся экономических условиях на российский рынок активно внедрялись ведущие зарубежные фирмы и производители сельскохозяйственной техники. Структура рынка по долям импортной и отечественной сельскохозяйственной техники в парке сельскохозяйственных предприятий России дана на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Структура рынка сельскохозяйственной техники

Из-за недостатка надежной и конкурентноспособной сельскохозяйственной техники российского производства многие хозяйства были вынуждены приобретать мощную и высокопроизводительную, но дорогую импортную технику. И здесь выступает новая проблема при эксплуатации – высокая стоимость запасных частей и расходных эксплуатационных материалов, следовательно, более дорогостоящее техническое обслуживание по сравнению с российской техникой.

На 50% снизилось количество техники на сельхозпредприятиях за последние 20 лет. Как показали проведенные исследования состояния МТП по

сравнению с нормативными показателями, обеспеченность предприятий техникой составляет всего 35%. А это повышение условий эксплуатации и низкие показатели надежности, что влечет за собой ускоренный износ техники, повышение количества отказов и повышение потребности в ремонте.

Низкая эффективность использования техники АПК заключается в ряде технических, технологических и организационно-экономических причин. Все эти причины взаимосвязаны и вытекают одна из другой. Низкая надежность и быстрое старение техники, низкий технический уровень и высокая степень износа МТП, высокий уровень загрузки – это технические причины. Высокая загрузка техники – это возрастание интенсивности отказов техники. Отказ техники – это снижение производительности и сдвиг проведения механизированных работ. А на фоне всего сказанного увеличивается трудоемкость ремонтных работ.

Организационно-экономические причины, связанные с выше перечисленными факторами малоэффективного использования техники – это низкий уровень использования ремонтной базы и организации технического оснащения всех подразделений АПК, высокие затраты на ТО и Р с низким уровнем его качества, несоответствие форм и методов при выполнении механических работ и услуг технического сервиса в данное время в современных хозяйствах [40, 105, 128].

К значительным затратам на поддержание в работоспособном состоянии сельскохозяйственной техники проводит ее низкое качество и надежность.

К ускоренному износу, повышению вероятности возникновения отказов и к потребности капитальных и текущих ремонтов, приводит повышенная нагрузка на единицу техники. В соответствии с нормами на 1000 га пашни необходимо 10 тракторов, а в настоящее время их всего 3, рисунок 1.5. К тому же капитальному ремонту подлежат 58% тракторов, так как их возраст более 10 лет.

В настоящее время суммарная удельная трудоемкость ТО в 2-3 раза превышает современные требования.

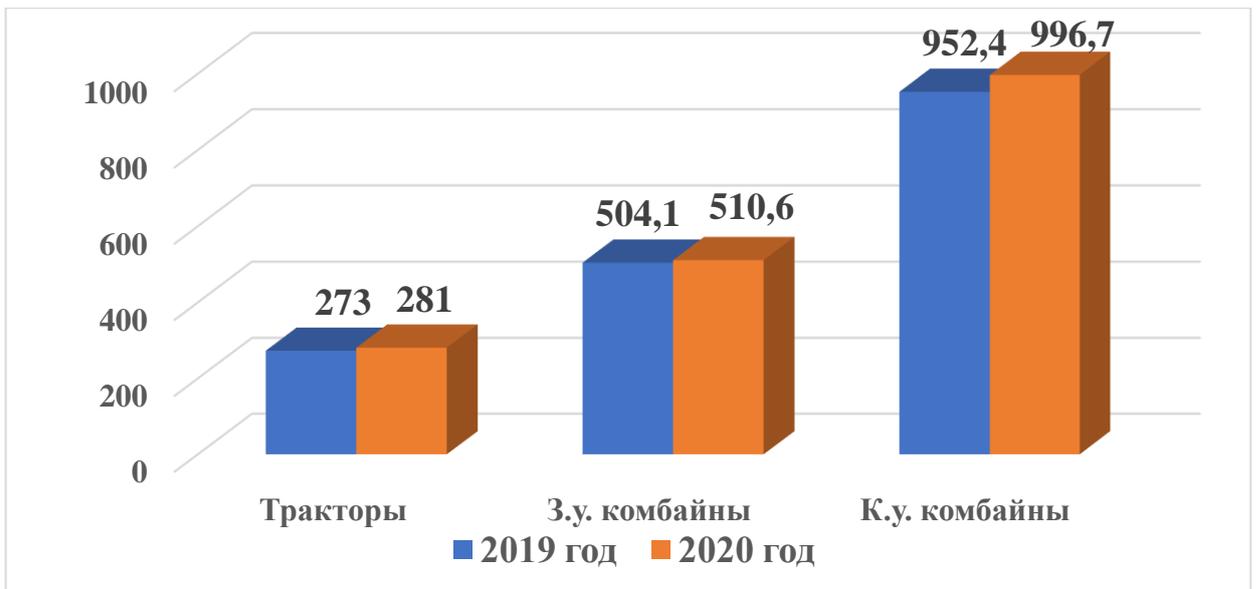


Рисунок 1.5 - Нагрузка на 1 ед. сельскохозяйственной техники, га

В данный период повышение надежности и долговечности сельскохозяйственной техники, ее безотказности, ремонтпригодности, снижение трудоемкости техобслуживания является главной задачей производителей сельхозмашин [15, 56, 65].

## 1.2 Система ремонтных размеров и массовое производство

Важнейшей задачей в СССР стояло создание высокоразвитого машиностроения. Машиностроение создает современные орудия труда – оборудование и машины, а они обеспечивают высокую производительность труда, что в последствии решает задачи в выполнении продовольственной программы страны. Высокоразвитое машиностроение является основой технического прогресса, индустриального развития и базой оборонной мощи страны.

Сельское хозяйство невозможно представить без тракторов, комбайнов, сеялок, косилок и прочей сельскохозяйственной техники. Сельскохозяйственное машиностроение занимается выпуском и ремонтом перечисленной техники.

В годы СССР в приоритете по выпуску была техника, которая незаменима в сельском хозяйстве. Движущей силой в технике, как известно, является ее

двигатель, который в ней установлен. Но до 60 годов это были бензиновые двигатели, что было дороговато даже для Советского периода. Инженерам-конструкторам была поставлена задача создания недорогого и простого в обслуживании дизельного двигателя.

Прорывом в двигателестроении в 1958 году стало создание дизельного двигателя ЯМЗ-236. Простой в конструкции, в тоже время с высокими показателями надежности, при достаточно небольшой мощности с очень большим крутящим моментом, что является важным параметром для тяжелой техники. На то время двигатель ЯМЗ стал лучшим дизельным двигателем по техническим характеристикам, не только в СССР, но и в мире.

Данный двигатель выпускается и по сей день, инженеры поработали над его конструкцией и ЯМЗ имеет различные модификации. Дизельные двигатели ЯМЗ считаются самыми надежными, что является их главной особенностью. Огромная номенклатура выпускаемых двигателей не смотрится устаревшей на фоне западных новинок, что позволяет уверенно чувствовать себя на мировом рынке.

На рисунке 1.6 представлена применяемость двигателей ЯМЗ с позиции анализа машин для сельского хозяйства.

В СССР было создано высокоразвитое машиностроение, но оно не занималось сферой ремонта и обслуживания выпущенных машин. В отрасли поддержания сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии ведущую роль занимало ГОСНИТИ. Основная деятельность ГОСНИТИ заключалась в разработки теоретических и практических знаний, которые были направлены на развитие методов технического обслуживания, эксплуатации, диагностирования техники, работающей в сельском хозяйстве, её промышленного ремонта. Главная цель -это обеспечение надежности и безотказности при эксплуатации машин и эффективности их применения в сельском хозяйстве.



Рисунок 1.6 – Применение двигателя ЯМЗ в сельскохозяйственной технике

Была создана система промышленного ремонта автомобильной и сельскохозяйственной техники, в состав которой входили промышленные и ремонтные предприятия, комплексы, заводы, мастерские, автопередвижные диагностические мастерские и лаборатории. Трудоемкость работ в этой сфере была в 4 раза больше, чем в машиностроении.

С распадом СССР в 1990 г. ситуация резко меняется. Агропромышленный комплекс России начал очень быстро нищать. По результатам мониторинга деятельности ремонтных предприятий в РФ, проведенного ГОСНИТИ в 2008 году [94], вырисовалась плачевная картина – практически разрушена ремонтно-обслуживающая база советской системы «Сельхозтехника».

Низкорентабельными, а чаще убыточными, показывают себя выполненные работы по техническому обслуживанию и ремонту (ТО и Р) на машиностроительных и ремонтных предприятиях [97, 99, 100, 129].

Старая система ремонтных размеров стала невыгодной для новых экономических условий. Развал советской системы «Сельхозтехника» привел к отсутствию планирования капитального ремонта сельскохозяйственных машин, значительному уменьшению объема ремонта и затариванию на складах поршней и колец ремонтного размера. Это заставило машиностроительные предприятия перейти на один ремонтный размер для двигателя ЯМЗ, это был размер 130,7 мм.

А в 2014 г. для этих же двигателей вышли новые технические условия на капитальный ремонт от самого завода изготовителя, а не от ГОСНИТИ, где для соединения «поршень-гильза цилиндров» вообще не используются ремонтные размеры (рисунок 1.7).

Завод - изготовитель предлагает приобретать ремонтные комплекты «поршень-гильза цилиндров» за достаточно низкую цену и гарантирует качество деталей.

С точки зрения эффективности массового производства, заводу изготовителю гораздо дешевле выпускать один поршень вместо четырех и не содержать склады под данный вид продукции. Рациональность применения

массового производства показана на рисунке 1.8 [125], где по оси ординат отложено снижение трудоемкости и стоимости изготовления деталей.

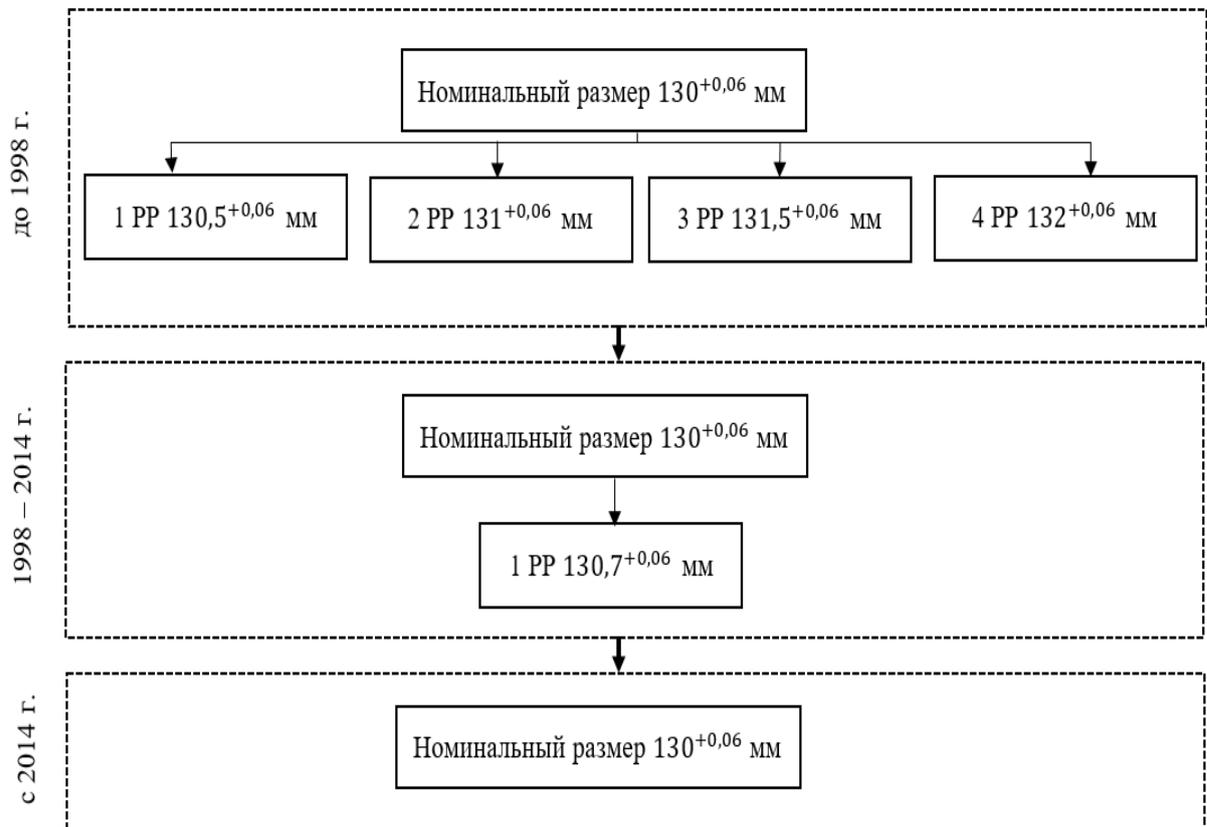


Рисунок 1.7 – Исторические особенности применения ремонтных размеров гильз цилиндров двигателей ЯМЗ

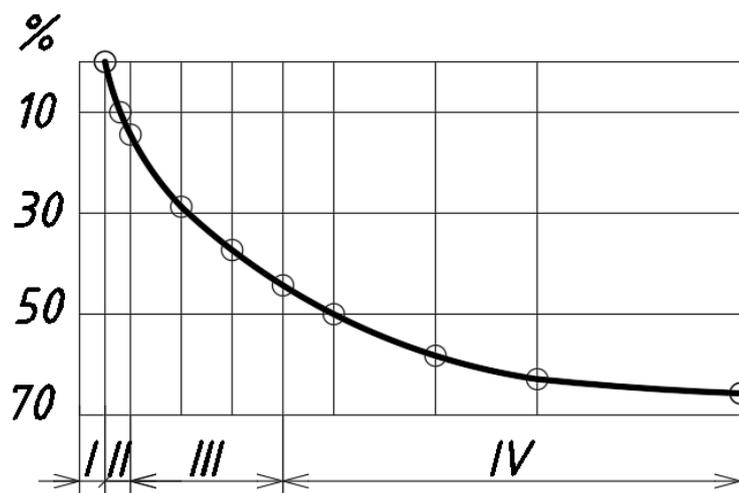


Рисунок 1.8 – Рациональность применения массового производства в зависимости от типа производства:

I – единичное производство; II – мелко- и среднесерийное производство;  
 III – крупносерийное производство; IV – массовое производство

От данного мероприятия выигрывают все. Завод изготовитель увеличивает массовость производства и получает больше прибыли, а потребитель – ремонтные предприятия, получают гарантированно качественный продукт по меньшей цене.

Но это не означает, что не надо заниматься вопросами восстановления деталей до номинального размера в ремонтном производстве. В ряде случаев восстановление будет единственным возможным вариантом решения производственной задачи, особенно в условиях импортозамещения.

Выявлено, что техническое состояние используемой техники в агропромышленном комплексе продолжает ухудшаться. Многие сельскохозяйственные предприятия не имеют возможности приобретать новую дорогостоящую сельскохозяйственную технику и стараются поддерживать работоспособность старой техники. Старая техника имеет высокий уровень ремонтпригодности, так как имеется возможность замены изношенной детали, а не целого узла. Например, таким двигателем является двигатель Д-144, применяемость которого в сельскохозяйственном производстве показана на рисунке 1.9.

Для ремонта и восстановления ремонтных размеров необходимо соблюдение технологических процессов, а это невозможно без хорошего, качественно настроенного технологического оборудования [55, 71, 80, 130].



Рисунок 1.9 – Применение двигателя Д-144 в сельскохозяйственной технике

### 1.3 Состояние и потребность в технологическом оборудовании на машиностроительном и ремонтном предприятиях ТС в АПК

Более 100 тыс. в год составляет объем ремонта двигателей. За счет грамотного оснащения машиностроительных и ремонтных предприятий можно сократить затраты и повысить качество ремонта на ТО и Р [11, 37, 43, 45, 105].

Необходимо учесть возможности металлорежущего оборудования для установления точности при изготовлении деталей [17, 55, 61, 62, 127]. Было исследовано почти триста машиностроительных и ремонтных предприятий АПК в РФ. По итогам этих исследований > 50% технологического оборудования не соответствует требованиям по точности обработки поверхностей деталей [24, 54, 95].

На машиностроительных и ремонтных предприятиях более половины имеющегося технологического оборудования, принимающего участие в обработке поверхностей деталей, нуждается в замене. 37,6 % - токарных станков нуждаются в замене, 20,4 % - шлифовальным станкам необходима замена (рисунок 1.10).

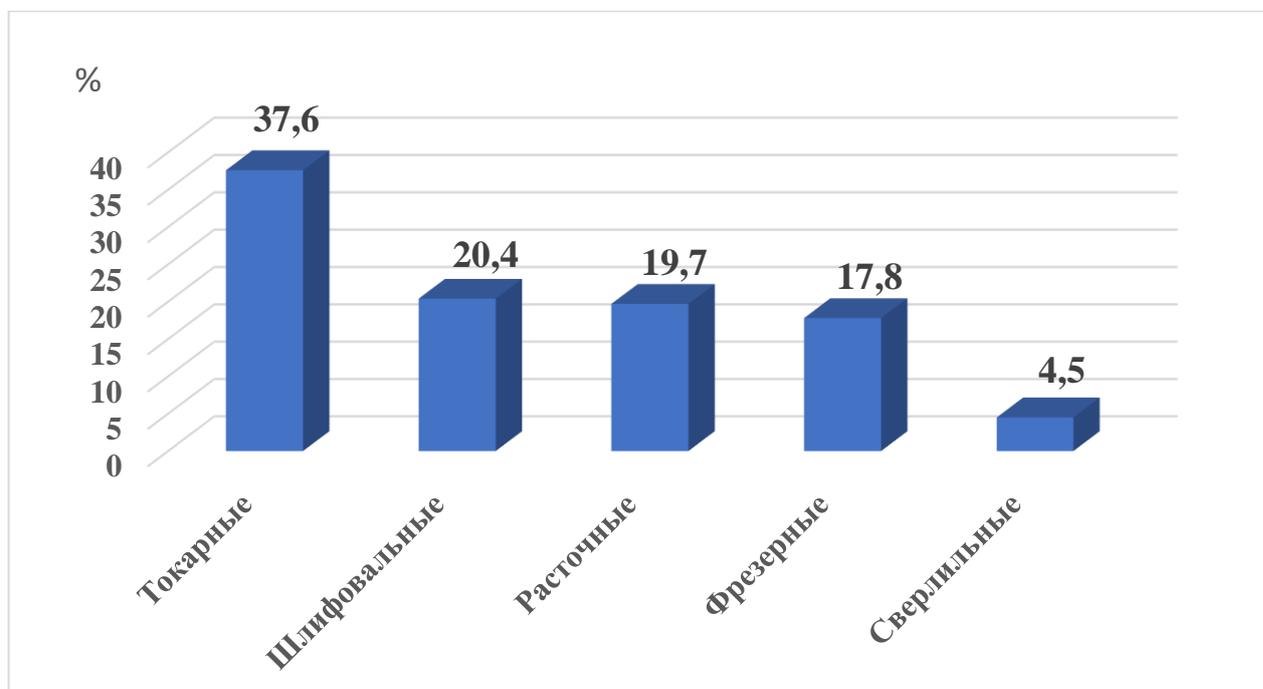


Рисунок 1.10 – Потребность машиностроительных и ремонтных предприятий в оборудовании

Известно, что срок эксплуатации технологического оборудования влияет на качество точности изготовления и восстановления деталей. А 50 % используемых для финишной обработки деталей – это станки имеющей срок эксплуатации более 10 лет с момента их производства и 50% станки имеющей срок эксплуатации более 20 лет с момента их эксплуатации на машиностроительных и ремонтных предприятиях, согласно отчетам министерства сельского хозяйства РФ (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Сроки использования оборудования по длительности эксплуатации, %

Срок использования оборудования, лет	Предприятия			
	Машиностроительные	Специализированные ремонтные	Мастерские предприятий	Мастерские хозяйств
До 10	31,7	25,3	16,2	7,3
10 ... 20	45,2	40,4	31,1	21,5
Свыше 20	23,1	34,3	52,7	71,2

Доля станков, имеющих срок эксплуатации более десяти лет с момента изготовления, по отношению ко всему объему металлорежущего технологического оборудования уменьшается (рисунок 1.11).

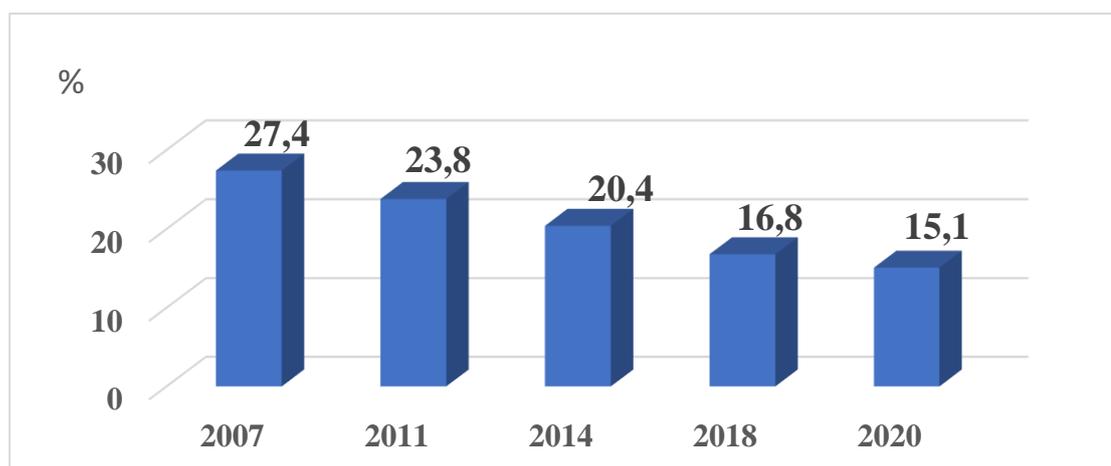


Рисунок 1.11 – Доля станков со сроком эксплуатации менее 10 лет на предприятиях ТС

В 1987 году запущено серийное производство оборудования для финишной обработки для машиностроительного и ремонтного производства. А с 1988 года внедрена единая методика оценки технического уровня оборудования [46, 83].

Комплексный показатель технического уровня технологического оборудования рассчитывается по формуле [60,92]:

$$K_{\text{ту}} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}, \quad (1.1)$$

где  $q_i$  – относительный показатель технического уровня;

$n$  – число анализируемых показателей.

Относительный показатель определяется по отношениям:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{ia}}, \quad (1.2)$$

$$q_i = \frac{P_{ia}}{P_i}, \quad (1.3)$$

где  $P_i$  – абсолютное значение  $i$ -го показателя технического уровня оцениваемого оборудования;

$P_{ia}$  – абсолютное значение  $i$ -го показателя технического уровня оборудования - аналога.

При пропорциональном увеличении технического уровня, наблюдаемым с увеличением показателя используется формула (1.2), а при уменьшении показателя – формула (1.3).

В работах Росинформагротех при оценке перспективности оборудования по комплексному показателю технического уровня применялась группировка значений комплексного показателя [20, 93, 101, 114]:

1...1,19 – неперспективное;

1,20...1,39 – малоперспективное;

1,40...1,59 – перспективное;

более 1,6 – весьма перспективное [13, 81, 93, 112].

В итоге 8% перспективного оборудования принято к серийному производству и эксплуатации. Распределение технического уровня оцениваемого оборудования по величине комплексного показателя показано на рисунке 1.12.

Отдельно можно выделить отсутствие обкаточного и испытательного оборудования, от наличия которого зависит контроль итогового качества ремонта двигателей [120, 121, 122, 123].

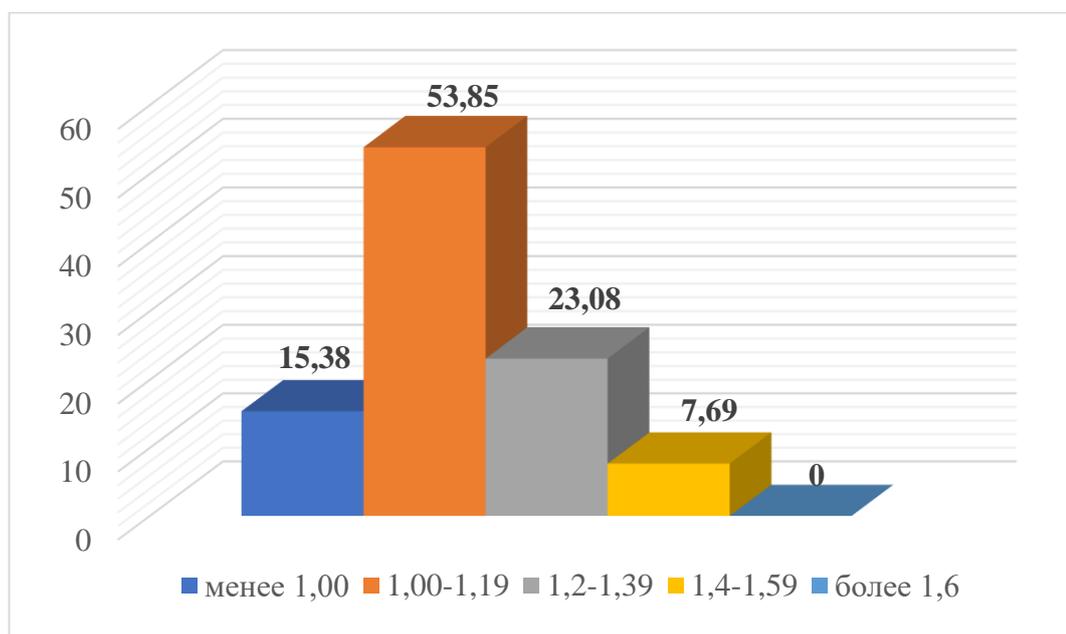


Рисунок 1.12 – Распределение комплексного показателя технического уровня оборудования для финишной обработки восстановленных деталей, %

#### 1.4 Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования

Система планово-предупредительного ремонта (ППР) обеспечивает исправное состояние, постоянную работоспособность и основные характеристики технологического оборудования.

Основной целью ППР технологического оборудования машиностроительного и ремонтного предприятий является управление техническим состоянием технологического оборудования в течение всего срока их службы вплоть до его списания [8, 9, 12, 118].

Система ППР основана на планировании ремонтов и носит предупредительный характер. Составляются и утверждаются графики на месяц и год по обслуживанию технологического оборудования для поддержания работоспособности и предупреждения поломок станков.

Так как система ППР носит планово-предупредительный характер, это позволяет обеспечить безотказную работу технологического оборудования благодаря полному объему выполненных операций ТО и Р с заданной периодичностью и точно в срок, что в свою очередь сокращает время нахождения технологического оборудования на капитальном ремонте.

Система ППР технологического оборудования, сложившаяся в соответствии с требованиями ГОСТ 18322-78, представлена на рисунке 1.13. Путем проведения текущих и капитальных ремонтов эта система направлена на поддержание работоспособности технологического оборудования [21, 38].

Организация ТО и Р технологического оборудования на машиностроительном и ремонтном предприятиях базируется на следующих системах: реагирующее обслуживание (РО), система планово-предупредительных ремонтов (ППР) и система обслуживания по фактическому состоянию (ОФС).

ТО и Р технологического оборудования проводят по составленному и утвержденному графику. А каждая из перечисленных систем имеет свои достоинства и недостатки.

Так система РО не требует больших вложений на ТО и Р, но из-за внезапных поломок и простоев приводят к дорогостоящему ремонту и потерям.

Система ППР – это система с хорошо отработанной практикой, позволяет поддерживать технологическое оборудование в исправном состоянии. Но для поддержания работоспособности оборудования в план закладывается объем обслуживающих работ превышающий фактически требуемый. И не исключается вероятность внеплановых остановок.

Оптимальное применение ТО и Р для технологического оборудования на машиностроительном и ремонтном предприятиях, как показала многолетняя практическая работа и исследования, является система ППР. Система ППР учитывает особенности использования технологического оборудования и отражает производственно-технические возможности машиностроительных и ремонтных предприятий.

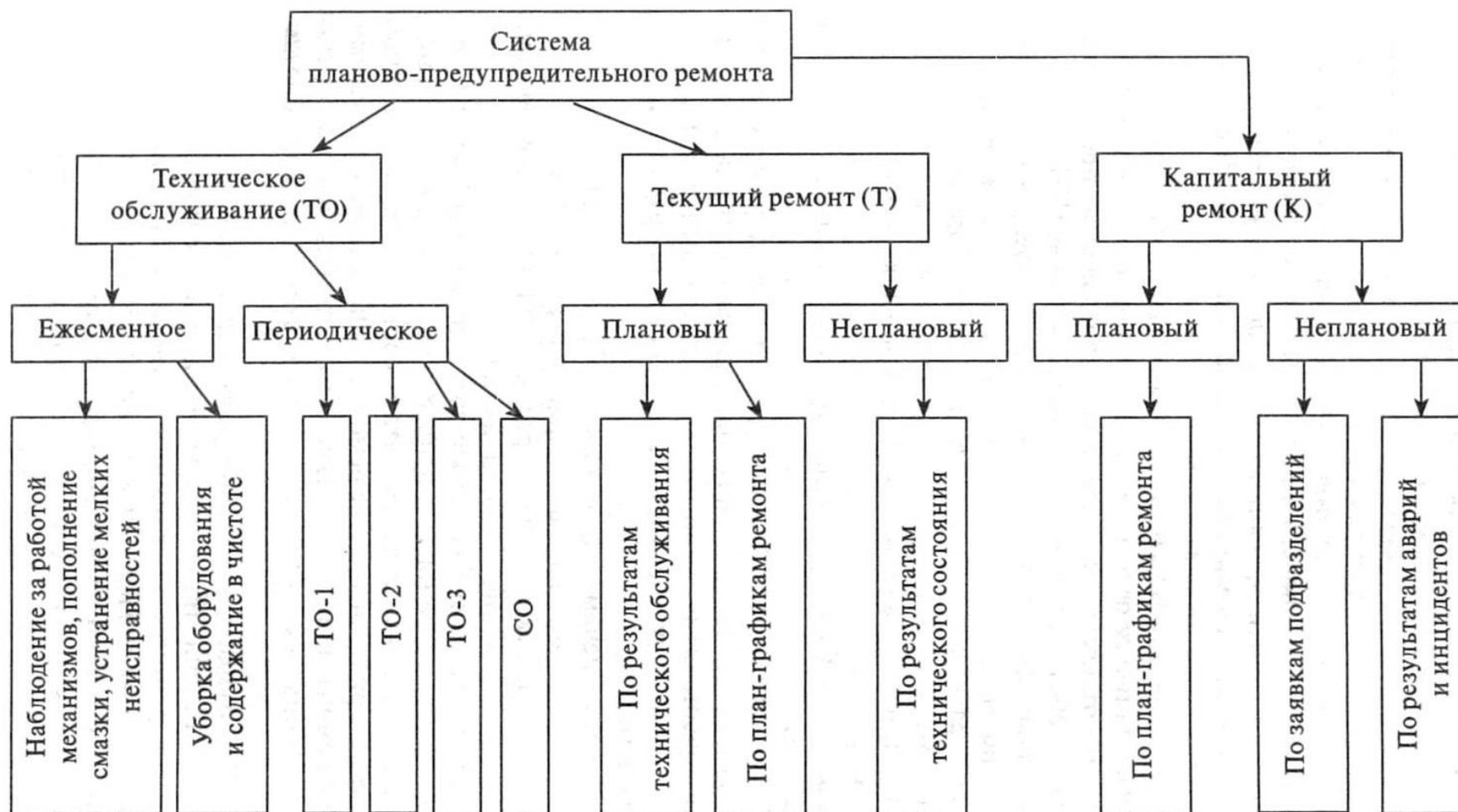


Рисунок 1.13 – Дифференциация работ по системе планово-предупредительного ремонта

Все предупредительные, профилактические мероприятия планируется выполнять согласно установленной периодичности и трудоемкости этих видов ремонтно-обслуживающих работ, но несмотря на это, моменты наступления реализации этих требований на практике колеблются и очень часто смещаются. Это зависит от таких факторов как: степени физического и морального износа, технического состояния, качества изготовления, условий производственной эксплуатации и от уровня организации технического сервиса. Они же определяют вероятностный характер наступления периодических ТО и ремонтов, а также наступления внезапных отказов; трудоемкости, сложности и продолжительности устранения их последствий.

На основании этих исследований определяются объемы плановых ремонтно-обслуживающих работ, разработана и утверждена комплексная система ТО и Р технологического оборудования.

### **1.5 Анализ существующих методов оценки качества технологического оборудования**

Современные производители очень заинтересованы в качестве производимой продукции. Все просто, конкурентоспособность продукции напрямую зависит от ее качества. И в сфере производства, и в сфере услуг качество занимает лидирующую позицию в современных рыночных условиях [10, 53, 64, 109].

Одно из основных направлений технического прогресса – это повышение качества, надежности и долговечности машин [5]. Только при соблюдении норм взаимозаменяемости и применении новых технологий, средств и методов контроля возможно усовершенствование техники [52, 84].

Также ГОСТ 15467-79 дает определение термину управление качеством продукции. «...Управление качеством продукции - действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или потреблении продукции, в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества» [23].

Качество, за последние 10 лет, по показателям надежности ухудшается, а цены на машиностроительную продукцию и запасные части к ним значительно увеличиваются. Качество машиностроительной продукции не соответствует требованиям нормативно-технической документации, как показывают проанализированные источники [2, 32, 33, 50, 95, 96, 102, 108, 115, 116].

По данным машиностроительных станций Гостехнадзора и министерства сельского хозяйства РФ, 85,6 % сельскохозяйственных машин имеют отклонения от требований технических условий. Анализ этих данных показал, что 34,1 % сельскохозяйственных машин не соответствуют основным эксплуатационным показателям и причинами отказов [4] в 90 % являются производственные дефекты. А по показаниям приемочных испытаний новой техники, конструкторские недостатки наблюдаются у 65-70 % машин [51, 96, 102, 113, 133].

По данным предприятий материально-технического обеспечения АПК, запасные детали, необходимые для восстановления изношенной сельскохозяйственной техники, поступают с уже нарушением установленных требований. Как показала практика до 45 % запасных деталей поступает сельскохозяйственному предприятию уже с браком [41, 51, 102, 115, 116].

Соответствие запасных частей их характеристикам, установленным техническим показателям, определяют их уровень качества.

Показатели качества изделий – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления [25, 26, 44, 70, 107, 134, 136].

Для определения показателей качества существуют различные нижеперечисленные методы.

**Измерительный метод** – это метод в котором показатель качества определяется при помощи технических средств измерения. С помощью этого метода определяют такие показатели качества как масса изделия, частота

вращения двигателя автомобиля, вольтамперная характеристика прибора, скорость автомобиля, самолёта и т.д.

Использование информации на основе наблюдения и подсчета числа определенных событий, предметов или затрат каких-либо ресурсов (материальных, трудовых, денежных, временных) – это **регистрационный метод**. В общем числе испытанных деталей ведется подсчет количества бракованных и качественных деталей в партии при анализе качества и надежности [3].

**Органолептический метод** – это определение показателей качества с использованием органов чувств: зрение, обоняние, слух, осязание и вкус. Мы можем использовать информацию, полученную с помощью органов чувств, произвести зрительный внешний осмотр качества изделия и оценить его эстетический вид, определения показателей качества используют информацию, полученную на вкус или обонянием определяют показатели качества пищевых продуктов.

**Расчетный метод** – самый распространенный, он предусматривает определение показателей качества используя теоретические и эмпирические зависимости показателей качества продукции от ее параметров.

На основе решения, принимаемого экспертами основан **экспертный метод** определения показателей качества. Он основан на создании экспертной группы. В состав этой группы входят различные специалисты, такие как: конструкторы, дизайнеры, технологи и т.д.

**Социологический метод** – это метод сбора и анализа различных данных о мнениях всевозможных потребителей. Эти мнения формируются на проведении различных анкет, опросов, организаций выставок, конференций и т.д. И на основе всего вышеперечисленного определяются показатели качества.

Рассмотрим известные методики оценки и расчета показателей качества [23, 89, 117].

**Метод ранжирования** – это метод, предполагающий расположение неких характеристик продукции в порядке возрастания или же убывания какого-либо присущего всем им свойства.

По **бальному методу** присваиваются баллы, шкала бальной системы выбирается заранее и различных изделий формируется их сумма баллов. Более конкурентоспособный товар – это товар, который набрал большее число баллов по отношению к товару, набравшему меньшее число баллов.

Легкость и простота при использовании описанных выше методов являются достоинством. А вот недостаточная точность данных и относительная субъективность оценки – это существенный недостаток данных методов.

Для оценки технического уровня и качества однородной продукции применяют три основных метода: **дифференциальный, комплексный и смешанный.**

**Дифференцируемый** метод – выбираются одноименный показатели базового и оцениваемого образца и определяются значения показателей обеих образцов. Значения сравнивают и определяют отличие от базового значения.

Относительные показатели качества станков определяют по формулам:

$$Q_i = \frac{P_i}{P_{iб}}, \quad (1.4)$$

$$Q_i' = \frac{P_{iб}}{P_i}, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad (1.5)$$

где  $P_i$  – значение  $i$ -го параметра характеризующего изделие;  $P_{iб}$  – базовое значение  $i$ -го параметра характеризующего изделие;  $n$  – количество оцениваемых параметра характеризующего изделие.

Из двух зависимостей выбирают ту, при использовании которой увеличение значения показателя качества соответствует повышению технического уровня продукции.

**Комплексный метод** оценки качества может быть применен при достаточной информации об изделии в целом по единичным показателям с возможностью оценки интегрального показателя.

Интегральный показатель качества представляет собой отношение полезного эффекта в натуральных единицах от эксплуатации или потребления

продукции к суммарным затратам на её создание и эксплуатацию или потребление.

Интегральный показатель качества определяется по выражению

$$I_k = \frac{P}{Z_c + Z_{\varphi}(t)}, \quad (1.6)$$

где  $P$  – суммарный полезный эффект от эксплуатации продукции за весь срок её службы, выраженный в натуральных единицах;  $\varphi(t)$  – поправочный коэффициент, зависящий от срока службы продукции;  $Z_c$  – суммарные капитальные затраты на создание продукции, руб.;  $Z_{\varphi}$  – суммарные эксплуатационные затраты на весь срок службы, руб.;  $t$  – срок службы продукции, год.

Интегральный показатель качества в самом классическом виде, когда наблюдается постоянство показателя производительности по годам, а ежегодные эксплуатационные издержки увеличиваются по экономическим законам и отражаются корректировкой относительно расчетного года, можно определить по зависимости:

$$I_k = \frac{P_1 t}{Z_c + Z_{1,2} \left[ \frac{(1+E)^t - 1}{E} \right]}, \quad (1.7)$$

Совместное применение дифференциального и комплексного методов являются основой **смешанного метода** оценки качества продукции.

Комплексный показатель качества определяется из отношения:

$$J = \frac{I_{кн}}{I_{кб}}, \quad (1.8)$$

где  $I_{кн}$  и  $I_{кб}$  – соответственно интегральные показатели оцениваемой и базовой техники.

С другой стороны, интегральный показатель качества обратно пропорционален удельным затратам (на единицу полезного эффекта):

$$I_k = Z^{-1}, \quad (1.9)$$

Новый образец считают лучше базового при  $J > 1$ .

Наиболее полно уровень качества оборудования и процессов может быть определен как с помощью интегрального показателя качества [68, 69, 71, 73, 77, 78], так и с помощью стоимостного и параметрического методов [72, 76].

Чтобы определить качество технологического процесса, который выполняет оцениваемое оборудование, необходимо определить величины, оказывающие влияние на качество и экономичность, обычно это номенклатура всех затрачиваемых ресурсов, производительность и стоимость оборудования, а также затраты на ТО и Р, в том числе и потери от брака. Но такой методики пока не существует.

### **1.6 Развитие статистических методов контроля качества процессов в машиностроении и ремонтном производстве**

Многие зарубежные специалисты, такие как Тейлор, Эмерсон, Шухарт, Исикава, Демпинг и др., внесли значительный вклад в развитие и становление современных подходов к управлению качеством. Подходы к управлению качеством, предложенные этими специалистами, до сих пор используются многими предприятиями.

Вопросами организации труда занимался американский инженер Харрингтон Эмерсон, он уделял особое внимание проблеме качества. У. Тэйлором, Г.Фордом и Х. Эмерсона считаются основоположниками первой фазы менеджмента качества – фазы отбраковки [6].

Уолтер Эндрю Шухарт - американский физик, инженер и статистик. Этого человека еще называют отцом статистического контроля качества. Доктором Уолтером Шухартом в 1924 г. доказана важность и эффективность применения контрольных карт в работе «Контрольные карты Шухарта». Цель контрольных карт – находить проблемы в области качества и определять какой характер носят эти проблемы – случайный или постоянный. Для выявления недостатков статистического управления производственными процессами даются критерии неестественных изменений в данных для процесса. Изменчивость, вызванная

только случайными причинами, говорит о статистически управляемом процессе [47].

В. Шухарт так же известен как соавтор цикла Шухарта-Деминга. Этот цикл направлен на обеспечение стабильности процессов и уменьшение их вариаций. Эдвардс Уильям Деминг акцентировал важность сотрудничества, удовлетворенности, уважения и радости от деятельности, основной упор должен делаться на командное взаимодействие, как инструмент по улучшению качества [91].

Эдвардс Уильям Деминг учил, что повысить качество и одновременно снизить расходы возможно только путем непрерывного совершенствования и представления производства как системы. Деминг объяснял: «14 пунктов менеджмента в промышленности, образовании и управлении страной естественным образом следуют из системы глубинных знаний как её применение с целью преобразования современного стиля западного менеджмента к новому оптимизированному стилю». [34].

Арманд Вэллин Фейгенбаум – американский специалист в сфере контроля качества. Он является автором концепции комплексного управления качеством. Отдельные методы (например, статистические или профилактический ремонт и обслуживание оборудования) А. Фейгенбаум рассматривает только как составляющие всеобъемлющей программы контроля качества, вмешательство во все этапы производственного процесса: проектирование, производство, сборка и поставка продукции заказчику. Все это описано в книге «Всеобщее управление качеством» (1961 г.) [22, 126].

Джозеф Джуран - американский специалист в области качества, утверждает, что в производственном процессе и на конечном уровне качества небольшой процент факторов может привести к значительному проценту возможных последствий. Джозеф Джуран обосновал «... переход от контроля качества к управлению качеством» [22, 132].

Основателем четвертой фазы TQM является японский статистик Геинити Тагути. Который разработал методологию, основанную на статистике, которая позволила улучшить качество производимой продукции в то время [127].

Каору Исикава - японский промышленный химик и бизнес-администратор является разработчиком диаграммы причинно-следственной связи в области контроля качества. Данная диаграмма направлена на выявление проблем, с которыми сталкивается человек или предприятие. Исикава объединил в единую систему «семь простых инструментов контроля качества» [50].

Обострение конкуренции на международных и национальных уровнях, внедрение в организациях и на предприятиях систем качества в соответствии с международным стандартом, заставило вновь обратиться к статистическим методам.

Наиболее авторитетную методическую и нормативную базу для разработки, внедрения и поддержания системы качества обеспечивают международные стандарты ИСО серии 9000. А статистические методы, в соответствии с положениями стандартов ИСО серии 900, рассматриваются как одно из высокоэффективных средств обеспечения качества.

В ремонтном производстве статистические методы управления качеством практически не применялись из-за отсутствия массовости производства. На сегодняшний день применение этих методов при финишной обработке деталей по номинальный и ремонтный размер прослеживается в работах Леонова О.А., Антоновой У.Ю. и Темасовой Г.Н. [7, 84, 85, 91]. В области метрологического обеспечения ремонтного производства статистические методы используются в работах Шкарубы Н.Ж. [131, 132].

### **1.7 Объект исследования**

В настоящее время завод – изготовитель двигателей ЯМЗ – ПАО «Автодизель» производством гильз цилиндров, поршней и колец не занимается. Массовое производство гильз цилиндров (рисунок 1.14), поршней и колец, а также целого ряда других изделий для всего спектра деталей двигателестроения налажено на АО «Костромской завод автокомпонентов».



Рисунок 1.14 – Типы гильз цилиндров, производимых на АО «Костромской завод автокомпонентов»

АО «Костромской завод автокомпонентов» является главным поставщиком деталей цилиндропоршневой группы, а также других автомобильных запасных частей на конвейеры крупнейших предприятий России и стран СНГ. Для ремонтных предприятий и для мастерских сельхозпредприятий завод рекомендует приобретать ремонтные комплекты, состоящие только из новых деталей (рисунок 1.15). Но так как продолжается эксплуатация и старой техники, необходимы и запасные части для ее ремонта и восстановления на ремонтных предприятиях (рисунок 1.16). На рынке завод позиционируется как производитель, который отвечает за свою продукцию в плане качества и долговечности.



Рисунок 1.15 – Ремонтный комплект ЯМЗ



Рисунок 1.16 – Ремонтный комплект Д-144 и гильза цилиндров

При изготовлении и ремонте сельскохозяйственной техники ремонтное предприятие сталкивается с проблемой качества запасных частей. Данная проблема особенно остро выступает при ремонте двигателя внутреннего сгорания. При незначительном расхождении номинальных показателей с реальными проявляются увеличение расхода топлива, смазки, снижение мощности, повышение расхода масла на угар, и, соответственно, рост текущих расходов с выходом на досрочный ремонт двигателя.

Показатели двигателя зависят от надежности работы деталей цилиндропоршневой группы, которая и является одним из основных узлов двигателей внутреннего сгорания [66, 67]. А качественная финишная обработка рабочей поверхности гильзы цилиндров является необходимостью для надежной и долговечной эксплуатации ДВС.

В принципе, проблема качества при данной постановке решения задачи – переходе выпуска комплектующих, и в частности гильз цилиндров в комплекте с поршнями, на одно предприятие, которое гарантирует потребителям, в том числе и заводу изготовителю, качество изготавливаемых изделий, решена. Интеграция, централизация и специализация производства, особенно если все это размещается на территории нашей страны, очень выгодна для всех. Здесь речь не только о качестве продукции, но и о социальной сфере – идет обеспечение населения рабочими местами, повышается квалификация и уровень зарплаты работников, идут налоговые отчисления в бюджет.

Возникает другой вопрос, гарантируется ли стабильность качества при массовом производстве и при мелкосерийной обработке деталей под ремонтный размер, и, самое главное, насколько рационально использовать различные марки вертикально – хонинговальных станков в обоих случаях.

В результате проведенного анализа объема продаж гильз ЯМЗ и Д-144 было выявлено, что при производстве новых гильз цилиндров на предприятии приблизительно 38,4 % уходят на сборку новых двигателей, а остальные 61,6 % забирают ремонтные предприятия (рисунок 1.17).

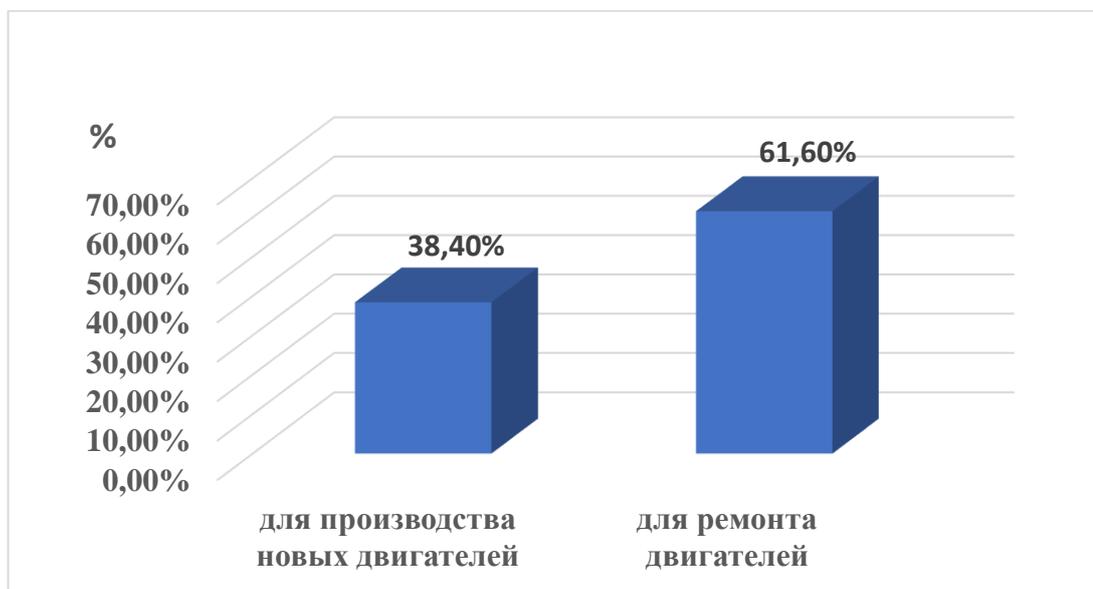


Рисунок 1.17 – Распределение продаж новых гильз цилиндров

Рассмотрим подробнее технические характеристики гильзы цилиндров двигателя ЯМЗ – 238 (таблица 1.7) и двигателя Д-144 (таблица 1.9).

Таблица 1.7 – Характеристики гильз цилиндров двигателя ЯМЗ

Параметр	Обозначение	Номинальное значение
Высота гильзы	$L$	$270_{-0,68}$ мм
Высота от верхнего торца гильзы до упорного бурта	$h$	$12,1^{+0,03}$
Диаметр верхнего центрирующего пояска	$D_1$	$\varnothing 160_{-0,08}$ мм
Диаметр нижнего центрирующего пояска	$D_2$	$\varnothing 153_{-0,10}^{-0,04}$ мм
Диаметр посадочного пояска	$D_3$	$\varnothing 151_{-0,10}^{-0,04}$ мм
Внутренний диаметр гильзы	$d$	$130,0_{+0,005}^{+0,025}$ мм
Твердость рабочей поверхности	HRC	42 ... 50
Шероховатость зеркала цилиндра	Ra	6,3 мкм
Масса гильзы цилиндров	-	7,8 кг

Гильзы ЯМЗ изготавливаются из специального чугуна, твердостью 42...50 HRC - для рабочей поверхности и 207...248 - для остальных поверхностей.

Размерные группы гильзы цилиндра ЯМЗ по внутреннему диаметру представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Размеры групп гильз цилиндра по внутреннему диаметру для двигателя ЯМЗ

Номер дефекта	Наименование размера	Номинальный размер, мм	Маркировка размерной группы
3	Внутренний диаметр гильзы цилиндра	от 130,00 до 130,02	А
		св. 130,02 до 130,04	Б
		св. 130,04 до 130,06	Ж

Таблица 1.9 – Характеристики гильз цилиндров двигателя Д-144

Параметр	Обозначение	Номинальное значение
Высота гильзы	$L$	$235^{+0,575}_{-0,575}$ мм
Высота от верхнего торца гильзы до упорного бурта	$h$	$176^{+0,05}_{-0,05}$
Диаметр верхнего центрирующего пояска	$D_1$	$\varnothing 120^{-0,12}_{-0,207}$ мм
Диаметр нижнего центрирующего пояска	$D_2$	$\varnothing 116,9^{-0,12}_{-0,207}$ мм
Диаметр посадочного пояска	$D_3$	$\varnothing 115,7^{-0,87}$ мм
Внутренний диаметр гильзы	$d$	$105,0^{+0,06}$ мм
Твердость рабочей поверхности	HRC	42 ... 50
Шероховатость зеркала цилиндра	Ra	6,3 мкм
Масса гильзы цилиндров	-	6,44 кг

Гильза цилиндра Д 37-1002021А3 (Т-40, Д-144) изготовлена литьем в формы, материал изготовления – высокопрочный чугун с повышенными характеристиками по физической прочности.

Размерные группы гильзы цилиндра Д-144 по внутреннему диаметру представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Размеры групп гильз цилиндра по внутреннему диаметру для двигателя Д-144

Наименование размера	Номинальный размер, мм	Маркировка размерной группы, мм
Внутренний диаметр гильзы цилиндра	от 105,00 до 105,02	М
	от 105,02 до 105,04	С
	от 105,04 до 105,06	Б

Как видно из таблиц 1.7 и 1.9, несмотря на кажущуюся простоту, гильза имеет не менее пяти размеров с достаточно жесткими допусками, а ее тонкостенная геометрия требует очень внимательного отношения к ней в процессе обработки и транспортировки.

Исходя из функционального назначения, гильза цилиндров относится к главным элементам ДВС и является наиболее ответственной деталью цилиндропоршневой группы. Из-за воздействия высоких механических и тепловых нагрузок на долю гильз цилиндров приходится значительная часть отказов двигателя. При производстве и ремонте ДВС проводится комплектация соединения «поршень – гильза цилиндров», а при несоответствии гильз цилиндров возникает различные последствия при эксплуатации ДВС [6, 35].

Кроме того, при эксплуатации ДВС с использованием низкокачественного топлива и моторного масла, частого движения машин на повышенных оборотах, агрессивный старт на повышенных оборотах и плохо выполненные ремонтные работы на двигателе приводят к таким эксплуатационным дефектам гильз цилиндров как: износ внутренней и наружной поверхностей, трещины, износ посадочных поясков, отклонение от формы, излом бурта (рисунок 1.18 и таблица 1.11).



Рисунок 1.18 – Основные дефекты гильз цилиндров

В верхней части гильзы цилиндра давление намного выше чем в нижней части, следовательно, и изнашивается гильза цилиндра в верхней части больше. А внутренняя поверхность гильз цилиндров изнашивается при попадании пыли [36, 111].

В процессе эксплуатации ДВС на поверхности гильз цилиндров могут появиться трещины. Причинами появления их может служить нагрев или резкий перепад температур. Так из-за превышения допустимой нагрузки и неполноценной работы системы охлаждения может возникнуть, перегрев двигателя и на поверхности гильзы образуются микротрещины. В дальнейшем под воздействием этих температур и нагрузок происходит разрушение гильзы [23, 39], вследствие этого ЦПГ может потерять работоспособность [49]. Смешивание охлаждающей жидкости с моторным маслом так же говорит о наличие этого дефекта [19, 48, 113].

Излом бурта гильзы цилиндра является следствием:

- перекоса и неровности в области седла буртика гильзы;
- нарушения технологии при ремонте и восстановлении;
- наличия посторонних частиц между гильзой и буртом;
- неподходящей по размерам прокладка ЦРБ [42, 113].

Перечисленные следствия довольно опасные, так как если не будут вовремя обнаружены приведут к серьезным последствиям.

Кавитация и коррозия приводит к глубоким раковинами износу на поверхности поясков [23]. Пояски изнашиваются и вследствие вибрации ДВС [41].

Расположение возможных дефектов на поверхности гильз цилиндров представлено на рисунке 1.19.

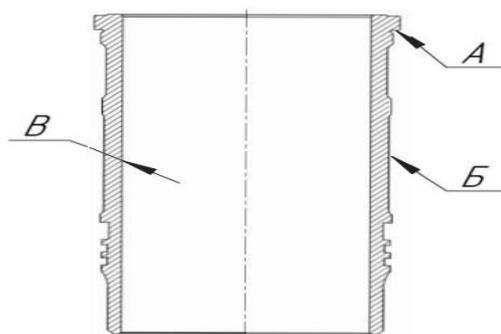


Рисунок 1.19 - Расположение возможных дефектов

Таблица 1.11 – Основные дефекты гильз цилиндров

№ деф.	Позиц. на рис.	Возможный дефект	Способ установления дефекта и контроля средства	Размер или параметр, мм			Заключение
				номинальный	предельно допустимый		
					без ремонта	для ремонта	
1	-	Трещины или обломы	Осмотр Лупа ЛП – 1-4 <sup>x</sup>	-	-	-	Браковать
2	Б	Квалификационно- коррозионное разрушение или накипь на наружной поверхности гильзы цилиндра	Осмотр	-	-	-	Браковать
3	В	Износ или задиры на внутренней поверхности гильзы цилиндра	Осмотр Нутромер НИ 100-160-1	См. табл. 1.9	-	Задир не допускаются	Браковать
4	А	Забоины или вмятины на опорном бурте	Осмотр Лупа ЛП – 1-4 <sup>x</sup>	-	-	-	Обработать до устранения дефекта в пределах номинального размера опорного бурта

Таким образом, рассмотрен объект исследования – гильза цилиндров с позиции описания ее параметров при изготовлении, а также с позиции ее износа и дефектов в процессе эксплуатации. Исходя из вышеизложенного, можно сделать предположение, что гильза цилиндров является сложным техническим изделием, имеющим не менее пяти размеров с жесткими допусками, и каждый из этих размеров может получить дефекты в процессе эксплуатации. Целесообразность обработки изношенной гильзы цилиндров только по одному из размеров, хотя и самому изнашиваемому по величине, уже можно поставить под сомнение с позиции гарантии обеспечения послеремонтной надежности и долговечности работы.

С другой стороны, с повышением качества материалов изготовления деталей двигателей, в том числе и гильз цилиндров с поршнями, значительно вырос ресурс этих деталей до капитального ремонта. Развал системы «Сельхозтехника» практически полностью передал бразды правления в области разработки норм при ремонте машиностроителям. Теперь машиностроительные предприятия разрабатывают руководства по ремонту двигателей, в которых исчезают ремонтные размеры. Зачем машиностроительному предприятию делать 5 (1 номинальный и 4 ремонтных) типоразмеров поршней и содержать склады для их реализации? Да и специализация производства с ее массовостью и снижением себестоимости говорит о том, что выгодно, например, делать 30 тыс. поршней одного номинального размера в месяц, чем дробить производство и перенастраивать станки под партии от 0,5 до 10 тыс. поршней в месяц. А если вспомнить еще и про поршневые кольца различных диаметров, то получается, что это совсем не выгодно машиностроению. Массовое производство всегда более выгодно при увеличении серийности выпуска. Выгодно и машиностроителю, и потребителю (ремонтному предприятию). В данном случае, потребитель получает готовый машинокомплект и не приобретает станок, не обслуживает его, потребителю не требуется дополнительная производственная площадь и высококвалифицированные рабочие как на процесс обработки, так и на процесс

селективной сборки, даже на дефекацию и мойку не требуется никаких усилий. Идет значительная экономия времени и средств при организации ремонта.

Но тем не менее в агропромышленном комплексе еще эксплуатируется старая техника и при ее поломке имеется возможность отремонтировать ее на сельскохозяйственном предприятии и продолжить ее эксплуатацию. Для этого необходимо технологическое оборудование для восстановления деталей до номинального размера в ремонтном производстве.

И хотя завод – изготовитель теперь является поставщиком комплектующих ремонтным предприятиям аграрной отрасли страны, а любой поставщик должен быть оценен с позиции качества своих изделий, ремонтные предприятия также отвечают за восстановленные детали, так как восстановление будет единственным возможным вариантом решения производственной задачи.

Также необходимо оценить технологический процесс финишной обработки гильз цилиндров и применяемое оборудование с позиции применения интегрального показателя качества с целью анализа соотношения «цена - качество» и дальнейшего удешевления изделий и снижения их цены для потребителей – ремонтных предприятий.

## **1.8 Выводы, цель и задачи исследования**

Установлено, что в настоящее время на машиностроительных предприятиях прекращен выпуск поршней ремонтного размера для ряда дизельных двигателей промышленного и сельскохозяйственного назначения. Вся специализация производства гильз и поршней сосредоточена на одном заводе – АО «Костромской завод автокомпонентов», который является поставщиком сборочных производств моторных заводов России. Причем доля запасных частей, производимых этим предприятием, уходящая в ремонтное производство, достигает уровня 61,6%.

**Цель диссертационного исследования** - оценка качества технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров при ремонте двигателя

внутреннего сгорания на основе совместного применения контрольных карт Шухарта, гистограмм и интегрального показателя качества.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

1. Предложить методику оценки качества технологического процесса финишной обработки деталей и ремонта станков. Определить коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт станков.

2. Провести оценку качества процесса финишной обработки гильз цилиндров двигателей, обработанных под ремонтный размер, и новых гильз цилиндров, входящих в ремкомплекты.

3. Определить интегральный показатель качества и провести оценку технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров двигателей.

4. Определить экономическую эффективность технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров при использовании заданной номенклатуры технологического оборудования

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ НА ВЕРТИКАЛЬНО- ХОНИНГОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ**

### **2.1 Основные принципы оценки качества технологического оборудования и процессов обработки**

На мировом рынке успешность любой компании определяется главными показателями продукции: качество, новизна предлагаемого товара (инновации) и технический уровень.

Инновации, всем понятный термин – новые свойства предлагаемого товара покупателям. Технический уровень, это совокупность показателей, которые включают в себя: производительность, ресурсосбережение, безопасность и эргономичность, экологичность, а также скорость устаревания.

«Качество» занимает первое место из всех показателей. Чем больше параметры потребляемого продукта требований покупателя, тем выше качество. Не возможно достигнуть высокого экономического эффекта внедрением инноваций, повышением показателей уровня продукции. Только потребитель определяет качество производимого товара.

Не зависимо от того, производится ли продукция для внутреннего рынка или идет она на экспорт, в современных рыночных условиях вся производимая продукция должна быть высокого качества. Высокую репутацию на рынке имеет производитель, выпускающий более качественную продукцию, этим он обеспечивает себе высокую прибыль и стабильность своего предприятия. Продукция с показателями качества выше уровня технических регламентов и требований стандарта указывает на компании с высоким рейтингом на мировом уровне.

Чтобы достичь выпуска только качественных товаров необходимо значительное вложение средств и усилий. Получение качественного товара с первого раза – это самый эффективный способ. Но он практически не

осуществимый, так как, невозможно избежать издержек, связанных с браком в результате первого предъявления продукции. Необходимость в проведении контроля качества теряет свою актуальность, если все разработанные технологии и конструкции были переданы с наивысшей точностью и безошибочно выполнены. Но для достижения повышения показателей качества при проектировании и производстве продукции предприятию необходимы дополнительные затраты. Расходы растут на содержание технического контроля и устранение брака, а также на планово-предупредительный ремонт, если предприятие не осуществляет контроль.

Доля  $1/3 - 1/2$  цены технологического оборудования – это стоимость устройств автоматического контроля и встроенных контрольных приборов технологического оборудования, но как показывает опыт ведущих мировых предприятий, довольно быстро окупается за счет повышением производительности труда, значительным сокращением технологического брака и незапланированного простоя из-за поломки технологического оборудования.

Без соответствующих финансовых вложений невозможно достичь высокого качества выпускаемой продукции. Целью любого предприятия является выпуск качественной продукции с привлекательной ценой, при этом средства, вложенные в это производство, должны оправдать эту цель. Из выше всего сказанного следует вывод, что обеспечение точности и качества производимых изделий машиностроения напрямую зависит от применяемого технологического оборудования и процессов.

## **2.2 Разработка методики оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров**

Проанализировав и рассмотрев основные методы оценки качества технологического оборудования, рассмотрим последовательность выполнения процесса расчета и сделаем основные заключения по разработке методики оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров.

Основные критерии при подборке и оценки технологического оборудования для производства и ремонта деталей: стоимость, производительность, эксплуатационные затраты и точность [1, 16, 28, 103].

Из всех перечисленных критериев, эксплуатационные затраты наиболее весомые, так как оказывают непосредственное влияние на полезность и затратность применяемого технологического оборудования и определяют сколько будет произведено деталей по отношению ко всем суммарным затратам и потерям за весь срок службы станка. Хочется обратить внимание на затраты, связанные с ремонтом технологического оборудования. Одной из составляющей этих затрат, являются затраты на ТО и Р, не заслуженно забытые в наше время и определяющиеся общим коэффициентом для всего технологического оборудования. Это не совсем так, так как этот коэффициент не может быть один для всех станков. Наша задача показать это.

Своевременное и качественное техническое обслуживание и ремонт обеспечивают высокий уровень работоспособности технологического оборудования и бесперебойности рабочего процесса, что особенно важно в сложившихся условиях на предприятиях.

Материалоемкость, энергоемкость, трудоемкость, и материалоемкость затрачиваемых вспомогательных материалов – это показатели технологичности, которыми пользуются для оценки оборудования и выполняемого этим оборудованием технологического процесса [59, 63], они еще обобщенно называются показателями **ресурсоемкости** [1].

Произведение каждого показателя ресурсоемкости на конкретную стоимость этого ресурса, отнесенное к единице полезного эффекта образует уравнение для определения удельных издержек, характеризующих себестоимость конкретной операции технологического процесса, выполняемого на определенном оборудовании.

$$I_k = \prod_{i=1}^x k_i \cdot \sum_{i=1}^n Z_i, \quad (2.1)$$

где  $I_k$  – суммарные удельные издержки в расчете на единицу продукции (руб./шт.);  $Z_i$  –  $i$ -й вид удельных затрат на обработку (руб./шт.);  $\Pi_i$  –  $i$ -й вид потерь

при обработке изделия (руб./шт.);  $k_i$  – коэффициент учета дополнительных затрат;  $x$  – число корректирующих коэффициентов;  $n$  – число видов затрат.

Схематическое изображение последовательности определения интегрального показателя качества (ИПК) при финишной обработке деталей представлено на рисунке 2.1.

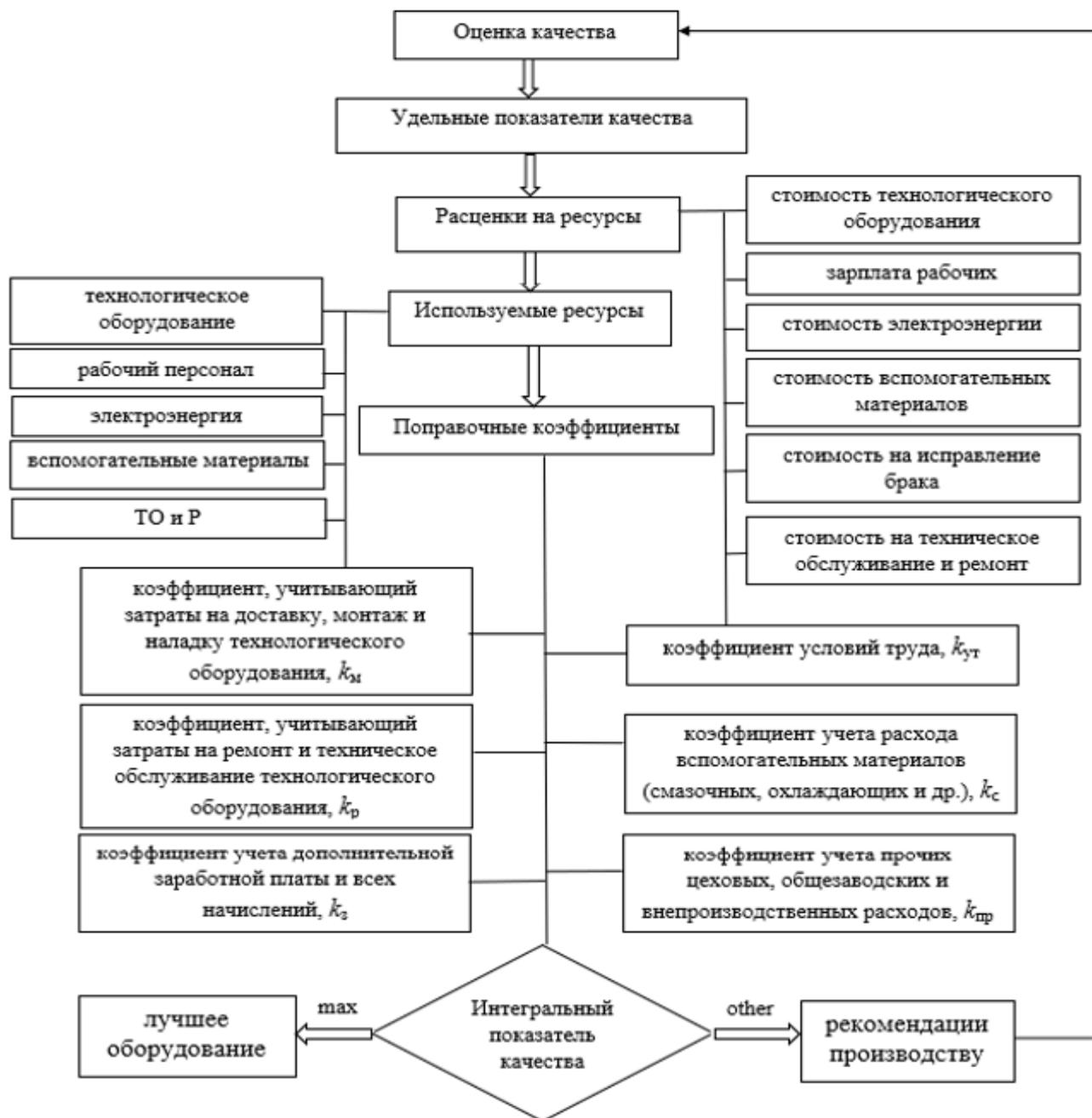


Рисунок 2.1 – Схема определения интегрального показателя качества при оценке качества технологического процесса обработки

Обратная величина от суммарных удельных издержек будет определять

ИПК, что характеризуется следующим выражением:

$$I = \frac{1}{a_i p_i \prod_{j=1}^z k_{ij}}, \quad (2.2)$$

где  $p_i$  – показатель удельной ресурсоемкости  $i$ -го ресурса (ед. ресурса/шт.);  $a_i$  – удельная стоимость используемого  $i$ -го ресурса (руб./ед. ресурса);  $k_{ij}$  – уточняющий  $j$ -й коэффициент расхода  $i$ -го ресурса или использования удельной стоимости;  $z$  – количество коэффициентов.

В качестве показателей удельной ресурсоемкости для оценки качества технологического процесса обработки выступают:

1. удельная материалоемкость;
2. удельная трудоемкость обслуживания;
3. удельная энергоемкость;
4. удельная материалоемкость применяемых материалов;
5. удельные потери на брак (исправимый и неисправимый).

Все эти удельные показатели ресурсоемкости для технологического оборудования можно представить в следующем виде:

1. Удельная материалоемкость технологического оборудования:

$$m = \frac{M}{P T_{\text{сл}} \Phi_{\text{до}}}, \quad (2.3)$$

где  $M$  – масса оборудования (кг);  $P$  – производительность процесса (шт./ч);  $T_{\text{сл}}$  – срок службы оборудования (лет);  $\Phi_{\text{до}}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования (ч), при этом  $\Phi_{\text{до}}=4356$  ч. – при работе в две смены,  $\Phi_{\text{до}}=8712$  ч. – при работе в 3 смены).

2. Удельная трудоемкость работ основных рабочих при выполнении технологического процесса:

$$t = \frac{L}{P}, \quad (2.4)$$

где  $L$  – трудоемкость выполнения операций (чел.-ч, чел.-смена).

3. Удельная энергоемкость технологического процесса:

$$e = \frac{W k_{\text{им}} k_{\text{ив}}}{P k_{\text{пд}}} k_{\text{вр}}, \quad (2.5)$$

где  $W$  – мощность энергоустановок (кВт);  $k_{им}$ ,  $k_{ив}$  – коэффициенты использования энергоустановки по мощности и по времени;  $k_{пд}$  – коэффициент полезного действия энергоустановки;  $k_{вр}$  – коэффициент приведения мощности и производительности к одной единице времени.

Для металлорежущего оборудования  $k_1=0,3...0,5$ ;  $k_2=0,3...0,7$ ;  $k_3=0,93...0,95$  В нашем случае  $k_4=1$ .

4. Удельная материалоемкость применяемых вспомогательных материалов (ПВМ) при выполнении технологического процесса (режущего инструмента, смазывающих и охлаждающих жидкостей) [77]:

$$M_{п} = \frac{R}{P_1}, \quad (2.6)$$

где  $R$  – полный расход ПВМ на обработку  $P_1$  деталей (ед.).

5. Удельные потери на брак (исправимый и неисправимый).

$$d_{иб} = \frac{\sum_{i=1}^T n_{ибi}}{P \Phi_{до} T_{сл}}, \quad (2.7)$$

$$d_{ниб} = \frac{\sum_{i=1}^T n_{ниби}}{P \Phi_{до} T_{сл}}, \quad (2.8)$$

где  $n_i$  – суммарное количество исправимых и не исправимых деталей (шт.).

Таким образом, полученная математическая зависимость для расчета ИПК через показатели ресурсоемкости технологического процесса и их стоимость в общем виде будут выглядеть так:

$$I = \frac{1}{\left( a_0 m k_m k_p + a_t \frac{t}{k_{ут}} k_{зп} + a_3 \varepsilon k_c + a_m M_{п} + [a_{иб} d_{иб} + a_{ниб} d_{ниб}] \right) k_{пов}}, \quad (2.9)$$

где:  $m$  – удельная материалоемкость применяемого оборудования, кг.;  $t$  – удельная трудоемкость работ на оборудовании,  $\varepsilon$  – удельная энергоемкость оборудования,  $M_{п}$  – удельная материалоемкость ПВМ,  $d_{иб}$ ,  $d_{ниб}$  – удельные показатели исправимого и неисправимого брака;  $a_0$  – удельная стоимость используемых ресурсов на создание технологического оборудования (станков),  $a_t$  – удельная стоимость трудозатрат,  $a_3$  – удельная стоимость энергии,  $a_m$  – удельная стоимость ПВМ,  $a_{иб}$ ,  $a_{ниб}$  – удельная стоимость исправимого и неисправимого

брака (руб./ед. ресурса);  $k_m$  – коэффициент учета затрат на доставку, монтаж и пуско-наладочные работы;  $k_p$  – коэффициент учета затрат на ТО и Р;  $k_3$  – коэффициент учета дополнительной заработной платы;  $k_{yt}$  – коэффициент условий труда;  $k_c$  – коэффициент расхода вспомогательных материалов;  $k_{пр}$  – коэффициент учета прочих расходов.

А так как сравниваемое технологическое оборудование практически одинаковое по конструкции, то при типовых условиях его эксплуатации, удельная стоимость ресурсов и соответствующие коэффициенты могут быть приняты равными:  $a_t=100$  р./чел.-ч.;  $a_3=0,6$  р./кВт·ч;  $a_m=50$  р./ед.;  $k_m=1,2$ ;  $k_{yt}=1$ ;  $k_3=1,5$ ;  $k_p=2,04$ ;  $k_c=1,18$ .

При сопоставлении станков примем  $k_{пов}=1,05$ .

Как уже говорилось, затраты на ремонт предлагаем рассмотреть отдельной составляющей общих затрат. Следуя из этого при расчете по формуле (2.9), необходимо убрать коэффициент  $k_p=2,04$  и прибавить новую составляющую – удельную трудоемкость ТОиР.

Если затраты удобно представлять в форме произведения ресурсоемкости и расценки данного вида ресурса на единицу продукции, то удельную трудоемкость ТОиР можно представить в следующем виде:

$$t_{ТОиР} = \frac{L t_{ТОиР}}{P T_{сл} \Phi_{до}}, \quad (2.10)$$

где  $L t_{ТОиР}$  – суммарная трудоемкость ТОиР (чел.-ч.);  $P$  – производительность технологического процесса (шт./ч);  $T_{сл}$  – срок службы оборудования (лет);  $\Phi_{до}$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования (ч).

Оценку качества технологического процесса обработки в зависимости от показателей можно представить в виде схемы рисунок 2.2.

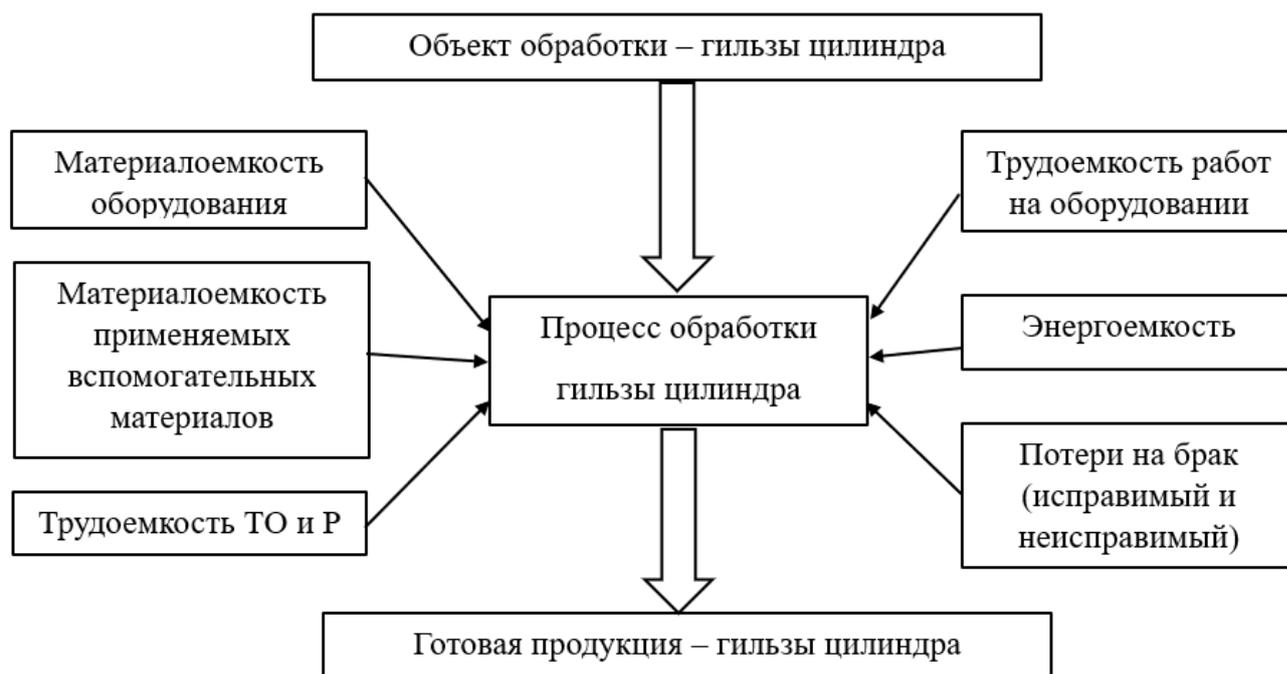


Рисунок 2.2 – Схема оценки качества технологического процесса обработки с помощью показателей ресурсоемкости

Формула для расчета ИПК (2.9), после подстановки в нее формулы (2.10), приобретет вид:

$$I = \frac{K_d}{a_0 \cdot m \cdot k_M + a_t \frac{t}{k_{\text{УТ}}} \cdot k_{\text{ЗП}} + a_{\text{Э}} \cdot \varepsilon \cdot k_C + a_M \cdot m_{\text{П}} + [a_{\text{ИБ}} \cdot d_{\text{ИБ}} + a_{\text{НИБ}} \cdot d_{\text{НИБ}}] + a_{\text{ТОиР}} \cdot t_{\text{ТОиР}}} \text{ (шт./руб.)}, (2.11)$$

где:  $K_d$  – величина, обратная коэффициенту учета дополнительных расходов (общехозяйственных, производственных и других расходов для реализации процесса)  $K_d = 1/k_d$ ;  $m$  – удельная материалоемкость применяемого оборудования, кг./шт.;  $t$  – удельная трудоемкость работ на оборудовании, чел.-час./шт.;  $\varepsilon$  – удельная энергоемкость оборудования, кВт./шт.;  $m_{\text{П}}$  – удельная материалоемкость применения ресурсов, ед./шт.;  $d_{\text{ИБ}}$ ,  $d_{\text{НИБ}}$  – удельные показатели исправимого и неисправимого брака, ед./шт.;  $t_{\text{ТОиР}}$  – удельная трудоемкость ТО и Р, чел.-час./шт.;  $a_0$  – удельная стоимость используемых ресурсов на создание технологического оборудования (станков), руб./ед. ресурса;  $a_t$  – удельная стоимость трудозатрат, руб./чел.-час. ресурса;  $a_{\text{Э}}$  – удельная стоимость энергии, руб./кВт;  $a_M$  – удельная стоимость ПВМ в процессе обработки, руб./ед. ресурса;  $a_{\text{ИБ}}$ ,  $a_{\text{НИБ}}$  – удельная

стоимость исправимого и неисправимого брака, руб./ед.;  $a_{ТОиР}$  – удельная стоимость ТО и Р, руб./чел.-час;  $k_m$  – коэффициент учета затрат на доставку, монтаж и пуско-наладочные работы оборудования;  $k_{зп}$  – коэффициент учета дополнительной заработной платы и всех начислений;  $k_{ут}$  – коэффициент условий труда;  $k_c$  – коэффициент расхода вспомогательных материалов (режущих, смазочных, охлаждающих и т.п.).

Удельные показатели ресурсоемкости и их размерность для технологического оборудования представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Удельные показатели ресурсоемкости

Удельные показатели	Расценка ресурса	Размерность показателя ресурсоемкости	Размерность показателя
Материалоемкость оборудования	руб./кг.	кг./шт.	руб./шт.
Трудоемкость	руб./чел.-час.	чел.-час./шт.	руб./шт.
Энергоемкость	руб./кВт.	кВт./шт.	руб./шт.
Материалоемкость ПВМ	руб./ед.расх.ПВМ	ед.расх.ПВМ/шт.	руб./шт.
Потери на брак	руб./ед.рес.	ед.рес./шт.	руб./шт.
Трудоемкость ТО	руб./чел.-час.	чел.-час./шт.	руб./шт.

Таким образом, разработана методика и предложена формула зависимости (2.11) интегрального показателя качества технологического процесса финишной обработки деталей, от удельных показателей затрачиваемых ресурсов, таких как материалоемкость, трудоемкость, энергоемкость и их стоимость, в том числе трудоемкость и стоимость проведения технического обслуживания и ремонта станков.

### 2.3 Оценка стабильности технологического процесса

На стадии планирования процесса управления качеством процесса производства гильз цилиндров для оценки параметров рекомендуется использовать диаграмму Исикавы.

Контрольные листки рекомендуют как инструмент сбора данных для контроля параметров дефектности и их упорядочения для облегчения в дальнейшем использовании собранной информации.

Всю информацию о протекании процесса дают контрольные карты, которые строятся по данным контрольных листков. Уровень дефектности определяется на стадии корректировки процесса. Для анализа собираются данные о каждом этапе процесса и заносятся в контрольные листки.

Контрольные карты строят по регистрируемым данным из контрольных листков. Технологическое оборудование нуждается в регулировании при нестабильности процесса. Процесс стабилен, если технологический процесс хонингования гильз цилиндров находится в стабильном состоянии. После регулирования проводят повторные измерения и если процесс не стабилен, повторяют эти действия до его стабильности.

Гистограмма, полигон и кривая закона распределения строятся только после анализа рассеяния размеров и приведения процесса к стабильному состоянию. Необходимо рассчитать основные статистические характеристики:

Частоту попадания деталей в интервал  $n$ ;

Относительная частота попадания в интервал:

$$N = n / \sum n, \quad (2.12)$$

Среднее значение рассчитывается по формуле:

$$\bar{X} = \sum X \cdot N, \quad (2.13)$$

Среднеквадратическое отклонение рассчитывается по формуле:

$$S = \sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot N}, \quad (2.14)$$

Стабильность технологического процесса или статистически управляемое состояние – «... это состояние измерительного процесса, при котором удалены все особые причины изменчивости, т.е. наблюдаемая изменчивость может быть объяснена постоянной системой обычных причин» [18, 27].

Главный инструмент для оценки стабильности измерительного и технологического процесса служит контрольная карта. Если на контрольной карте

отсутствуют точки за контрольными границами, то этот процесс находится в стабильном состоянии.

Контрольные карты дают следующие преимущества [29, 30, 31]:

- качественное и точное заключение;
- своевременное распознавание неслучайных отклонений;
- нарушение протекания технологического процесса;
- предотвращение появления продукции, не отвечающей заданным показателям.

Общая методика построения контрольных карт по количественным признакам регламентирована ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Контрольные карты Шухарта представляют полученные данные графическим способом при сборе и регистрации информации. На рисунке 2.3 изложена схема построения карт по количественному признаку. В зависимости от рассчитанных показателей воспроизводимости процесса можно говорить о стабильности или не стабильности технологического процесса.

Контрольные карты Шухарта могут быть применены для оценки технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров на вертикально-хонинговальных станках. По ГОСТ Р 50779.42-99 для процессов финишной механической обработки деталей рекомендовано карты строить по количественному признаку, причем желательно использовать карты скользящих размахов и индивидуальных значений [90].

Контрольная карты скользящих размахов – контрольная карта для оценки изменчивости технологического процесса по величинам размахов 76 последних  $n$  результатов контроля, в которых новый результат контроля заменяет предыдущее из  $n+1$  последних измеренных значений.

Контрольная карта индивидуальных значений X-карта – контрольная карта для оценки уровня процесса по индивидуальным наблюдениям в выборке.

Центральная линия рассчитывается как:

$$CLR = \bar{R} \quad (2.15)$$

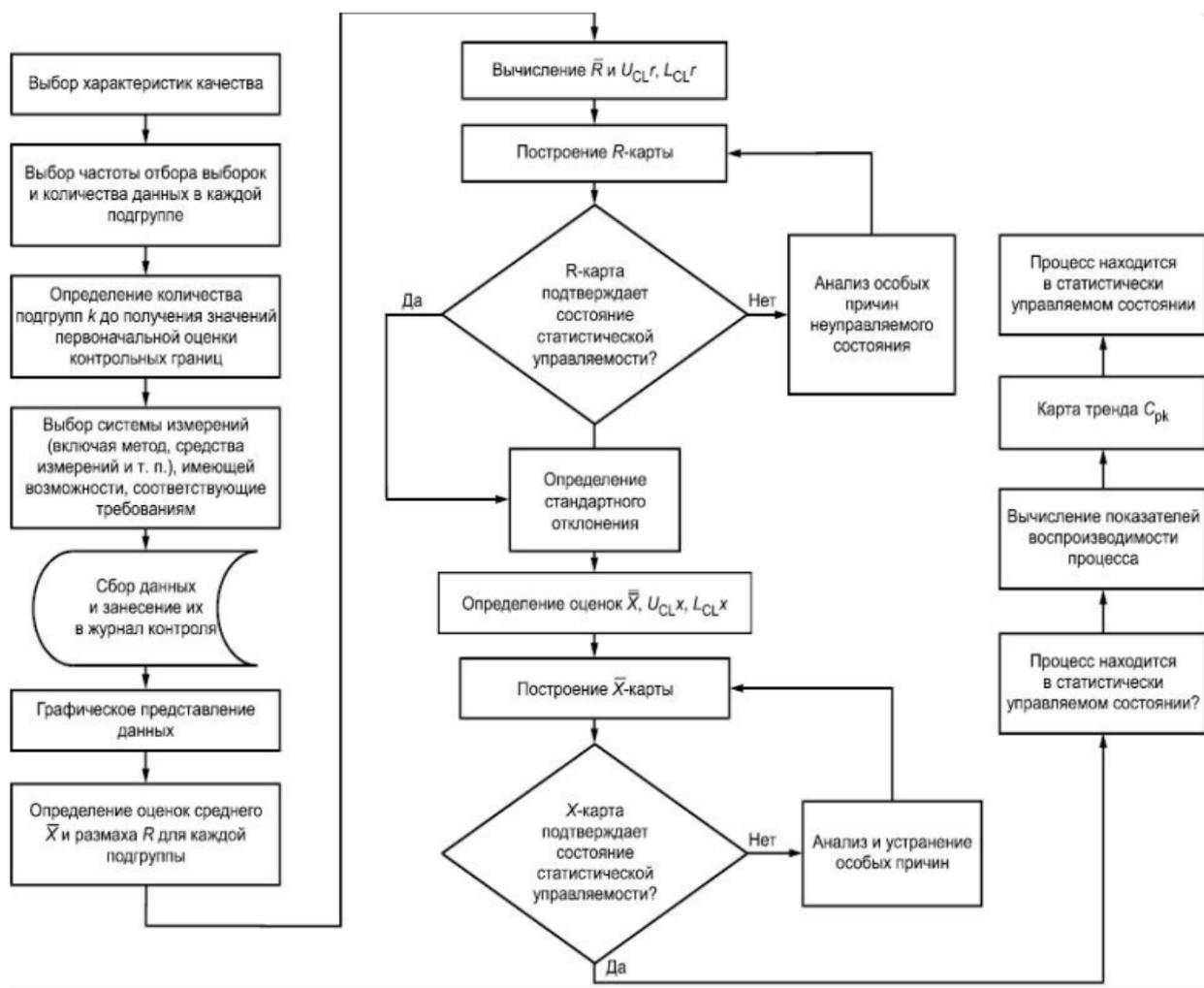


Рисунок 2.3 – Схема построения контрольных карт по количественному признаку

Верхняя контрольная граница:

$$UCL R = D_4 \bar{R} \quad (2.16)$$

Нижняя контрольная граница:

$$LCL R = D_3 \bar{R} \quad (2.17)$$

– Для контрольной карты индивидуальных значений

Центральная линия:

$$CLX = \bar{X} \quad (2.18)$$

Верхняя контрольная граница:

$$UCL X = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (2.19)$$

Нижняя контрольная граница:

$$LCL X = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad (2.20)$$

Значение коэффициента  $A_2$  определяется из выражения:  $A_2 = 3/d_2$ .

Значения  $D_3$ ,  $D_4$  и  $d_2$  берутся из ГОСТ Р ИСО 7870-2—2015 [31].

Индекс воспроизводимости процесса определяется по формуле:

$$C_{pk} = \frac{UCL - \bar{X}}{3\sigma} \quad (2.21)$$

где  $\sigma$  - стандартное отклонение, определяемое как  $\sigma = \bar{R}/d_2$ .

Точность технологического процесса позволяет оценить коэффициент точности технологического процесса, который определяется по формуле:

$$K_T = \frac{T}{6\sigma} \quad (2.22)$$

где  $T$  – допуск на размер.

Показатель настроенности технологического процесса показывает уровень отклонения фактического центра рассеяния контролируемого параметра относительно установленного в технической документации номинального значения (середины поля допуска, центра настройки).

Коэффициент настроенности технологического процесса определяется по формуле:

$$K_c = \frac{D_{cp} - \bar{X}}{2 \cdot T} \quad (2.23)$$

Заключение составляется из полученного значения коэффициентов точности и настроенности технологического процесса, которые представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Показатели точности и настроенности технологического процесса

Значение коэффициентов	Заключение
$K_T > 1$ $ K_c  \leq 0,05$	Точность выше требуемой. Настроенность хорошая, брака менее 0,6 %.
$K_T = 0,95 \dots 1$ $ K_c  \leq 0,05 \dots 0,1$	Точность процесса хорошая, настроенность удовлетворительная, брака менее 3%
$K_T = 0,7 \dots 0,9$	Процесс некачественный по точности, брака более 3%
$ K_c  > 0,12$	Настроенность процесса неудовлетворительная, брака более 2%

## 2.4 Выводы

1. Предложены и обоснованы основные показатели оценки качества технологического оборудования, а также формулы для их расчета.

2. Разработана методика и получена формула зависимости интегрального показателя качества технологического процесса финишной обработки деталей, которая учитывает удельные показатели затрачиваемых ресурсов, таких как материалоемкость, трудоемкость, энергоемкость и их стоимость, в том числе трудоемкость и стоимость проведения технического обслуживания и ремонта станков для производства и ремонтных предприятий

3. Научно обосновано применение контрольных карт Шухарта для оценки качества технологического процесса финишной обработки гильз цилиндров. Рассмотрена методика определения параметров оценки и построения контрольных карт.

### **3 МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Выбор методов и методика контроля при изготовлении гильз цилиндров**

В настоящее время при изготовлении деталей используют традиционные методы контроля элементов деталей.

Для определения точных размеров поверхностей деталей применяют методы, признанные наиболее точными: микрометрирование (микрометраж) и дефектация (контроль). С помощью них выявляют характер износа, параметры формы детали, отклонение этих форм от нормы и расположение этих отклонений на поверхности, так как это влияет на интенсивность изнашивания соединения.

Для определения величины износа сопряженных деталей до начала испытаний и в конце на различных участках, срока службы деталей и соединений проводят микрометраж. Метод заключается в определении разности между размерами деталей. Измерение деталей необходимо проводить в двух перпендикулярных плоскостях и в нескольких сечениях зон износа [86].

Детали перед измерениями должны быть тщательно промыты и высушены. Для проведения измерений температура в помещении должна быть 18 – 20 °С. Измеряемая деталь и средство измерения должны быть выдержаны в помещении 2-3 часа. [124].

На производстве, как и говорилось уже выше, самым достоверным методом определения размера поверхностей деталей является микрометраж и дефектация поверхностей.

В общей методике дефектации действия выполняются этапами: внешний осмотр, определение часто и редко встречающихся дефектов, определение внутренних дефектов материала, шероховатости поверхности. Для определения внутренних дефектов материала и шероховатости поверхностей действия

выполняют для особо важных деталей [87, 88, 110, 119]. Определяется форма детали, вид износа и причина этого износа (рисунок 3.1).

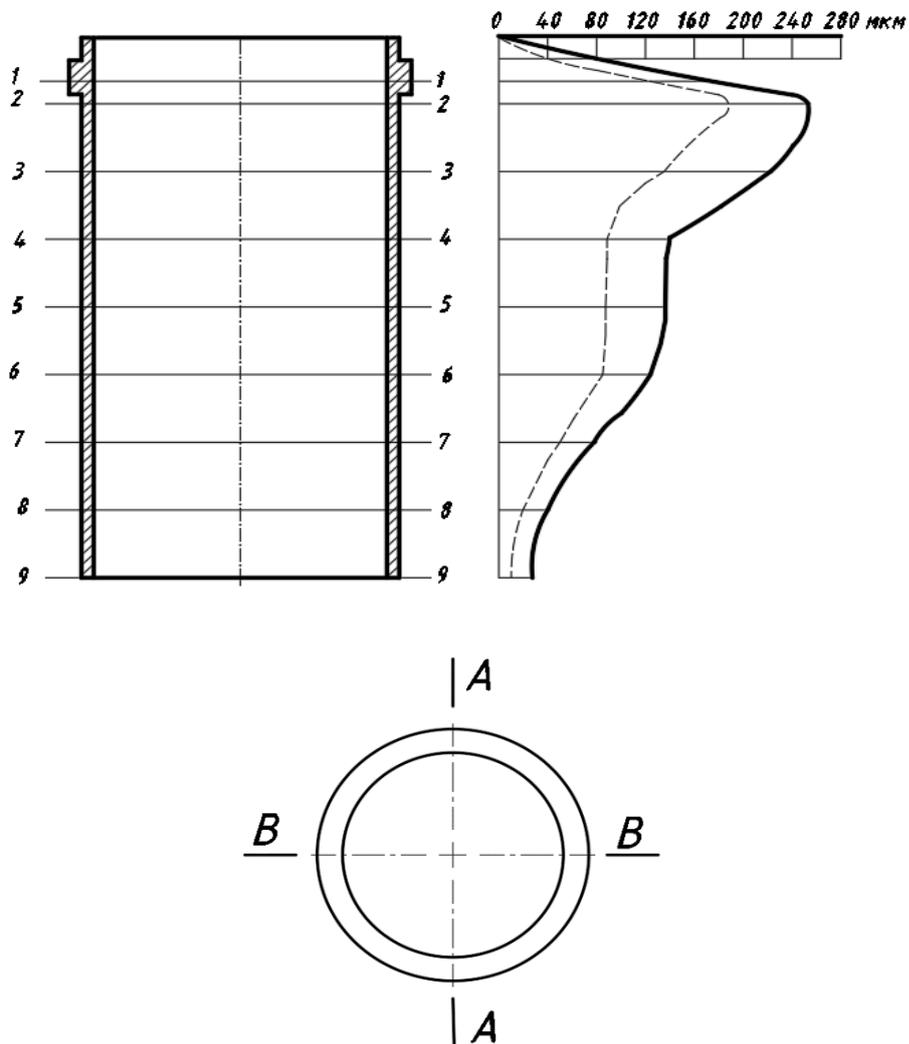


Рисунок 3.1 – Износ внутренней поверхности гильзы цилиндров

----- Плоскость качания шатуна (А-А)

————— Плоскость, перпендикулярная качанию шатуна (В-В)

Определения технического состояния деталей при дефектации являются основными задачами для их контроля и дальнейшей сортировки на группы. Рассматриваемые детали делятся на 4 группы.

В первую группу входят детали, размер которых находится в пределах допуска на обработку – деталь годна.

Вторая группа деталей – это деталь, которая по техническому состоянию допустима к дальнейшей эксплуатации, при дефектации у этих деталей размер лежит в пределах допуска по допускаемому размеру.

Третья группа деталей – это детали, которые нуждаются в восстановлении. У этих деталей при дефектации размер вышел за рамки допускаемого размера, но не превысил предельного.

Четвертая группа – детали у которых размер при контроле вышел за рамки предельного, следовательно они подлежат сдачи в утиль [110].

С помощью внешнего осмотра, специальных приспособлений, универсальных средств измерений, приборов и оборудования проводят дефектацию деталей и составляют ведомости дефектов.

Для контроля рабочей поверхности гильзы цилиндра производятся измерения по внутреннему диаметру в двух плоскостях и двух сечениях [79, 137] (рисунок 3.2).

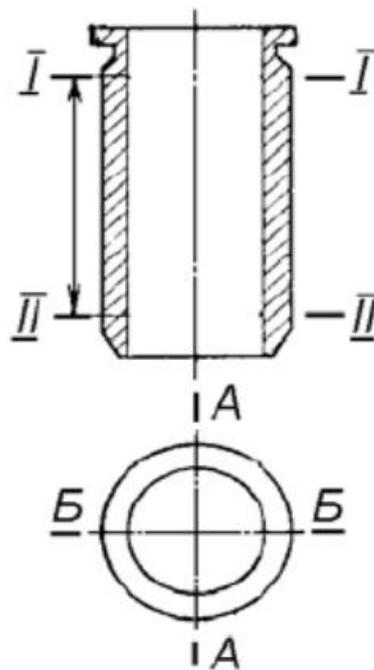


Рисунок 3.2 – Схема контроля внутреннего диаметра гильзы цилиндров:

А-А, Б-Б – плоскости замеров; I - сечение, определяемое положением верхнего кольца при положении поршня в ВМТ; II - сечение, определяемое положением нижнего кольца при положении поршня в НМТ

На основании измерений получается четыре диаметра, средний диаметр определяем по формуле:

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

где  $D_i$  – действительные диаметры гильзы, измеренные в сечениях I-I и II-II и в плоскостях А-А и Б-Б (рисунок 3.2);  $n = 4$  – количество измерений.

Овальность рассчитывается по результатам измерений диаметров в плоскостях А-А и В-В по формуле:

$$EFK_i = \frac{D_{iB-B} - D_{iA-A}}{2}, \quad (3.2)$$

где  $i$  - сечение гильзы цилиндра.

Конусообразность в плоскостях А-А и В-В определяются по формуле:

$$EFP_i = \frac{D_{i_{max}} - D_{i_{min}}}{2}, \quad (3.3)$$

В технических требованиях на капитальный ремонт указывают предельные значения на овальность и конусообразность. Полученные при расчете овальность и конусообразность не должны превышать нормативные значения.

### 3.2 Средства измерения внутреннего диаметра гильз цилиндров

Комплексная задача для обеспечения необходимой точности измерения – это выбор СИ в соответствии с требованиями ГОСТ 8.051–81 и РД 50–98–86 [82, 85, 98].

Для проведения контроля необходимо выбрать средство измерения, удовлетворяющее условию:

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

где  $\Delta_{lim}$  и  $\delta$  – предельная и допускаемая погрешности измерений.

Алгоритм выбора средств измерений представлен на рисунке 3.3.

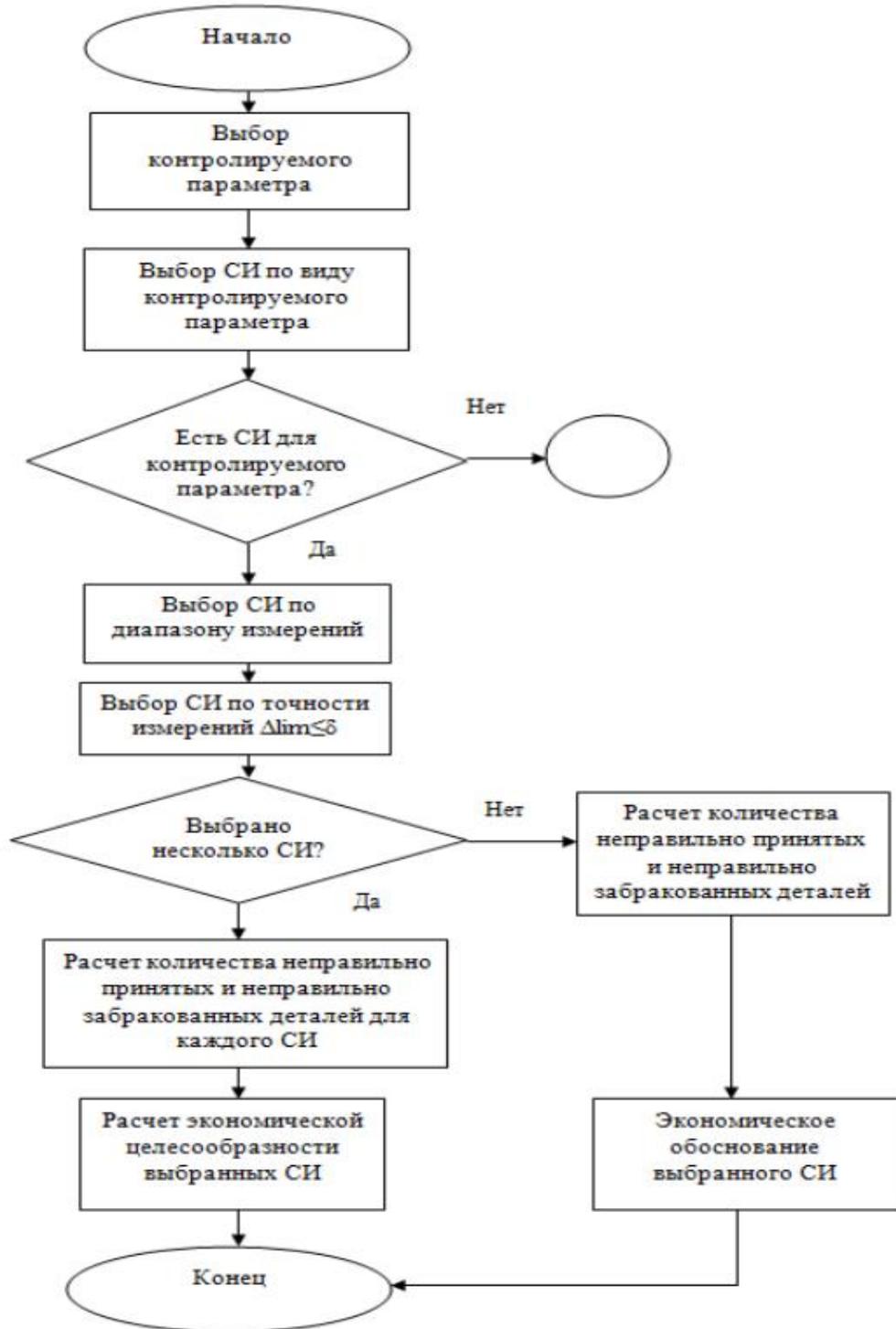


Рисунок 3.3 – Алгоритм выбора средств измерений

Из условий (3.3) выбираем в качестве средства измерений нутромер индикаторный НИ-160 с ценой деления 0,001 мм, при настройке по установочным кольцам,  $\Delta_{lim} = \pm 3,5$  мкм.

В 4-й главе будут рассмотрены данные по микрометражу гильз цилиндров двигателей ЯМЗ-238 и Д-144. Индикаторный нутромер с цифровой головкой с ценой деления 0,001 мм настраивался по установочному кольцу 130,000 мм и 105,00 мм, и проводились измерения отклонений диаметра гильз в указанных плоскостях и сечениях (действительные отклонения).

### **3.3 Практика применения контрольных карт для статистического управления процессом**

Процессы, к которым применяется статистическое регулирование, в большинстве случаев, являются технологическими процессами в промышленном производстве. Технологический процесс, к которому предполагается применить статистическое регулирование, должен быть полностью определен.

При установлении контролируемых показателей рекомендуется в первую очередь выбирать параметры, связанные с эксплуатационной эффективностью продукции, так как данные параметры будут оказывать решающее влияние на качество продукции и обеспечивать нормальный ход технологического процесса. Поэтому выбор контролируемых показателей должен основываться на изучении, прежде всего, тех характеристик продукции, которые наиболее перспективны с точки зрения повышения качества продукции и совершенствования процесса. При этом не следует ограничиваться контролируемыми параметрами только конечной продукции. В ряде случаев целесообразно контролировать параметры промежуточной продукции, которые определяют наследственный характер качества выходной продукции. Поэтому к параметрам, которые могут быть подвергнуты контролю, относятся как показатели незавершенной продукции (параметры сырья, материала, деталей, сборочных единиц и др.), так и показатели завершенной продукции. Данные параметры следует выявлять в ходе исследования и анализа причин низкой эффективности продукции, риска появления несоответствий и в других случаях [91, 104, 135].

С целью выявления состояния процесса по точности, стабильности и настроенности осуществляется отбор выборки в ходе предварительного исследования технологического процесса и производится ее статистическая обработка. При контроле по количественному или альтернативному признаку, в результате статистической обработки полученных данных, устанавливаются соответственно показатели положения и рассеивания или числа (доли) несоответствующих единиц продукции (несоответствий в выборке). Решение внедрять или не внедрять статистическое регулирование данного процесса производства принимается на основе полученных значений параметров.

Необходимые действия по совершенствованию технологического процесса производятся при получении неудовлетворительных значений показателей положения и рассеивания. Мероприятия по совершенствованию процесса включают:

1. проведение технического обслуживания, ремонта, модернизации или замены оборудования;
2. укомплектование процесса основным, вспомогательным и другим инструментом, а также требуемой оснасткой в соответствии с действующей технологией;
3. отладку, корректировку или изменение технологии, а также другие действия.

После проведения этих мероприятий повторяются действия по определению точности, настроенности и стабильности. На основе выполненных действий и анализа процесса делается заключение о целесообразности внедрения статистического регулирования данным технологическим процессом.

При выборе метода регулирования и соответствующего ему типа контрольной карты для статистического управления технологическим процессом можно воспользоваться блок-схемой, приведенной на рисунке 3.4.

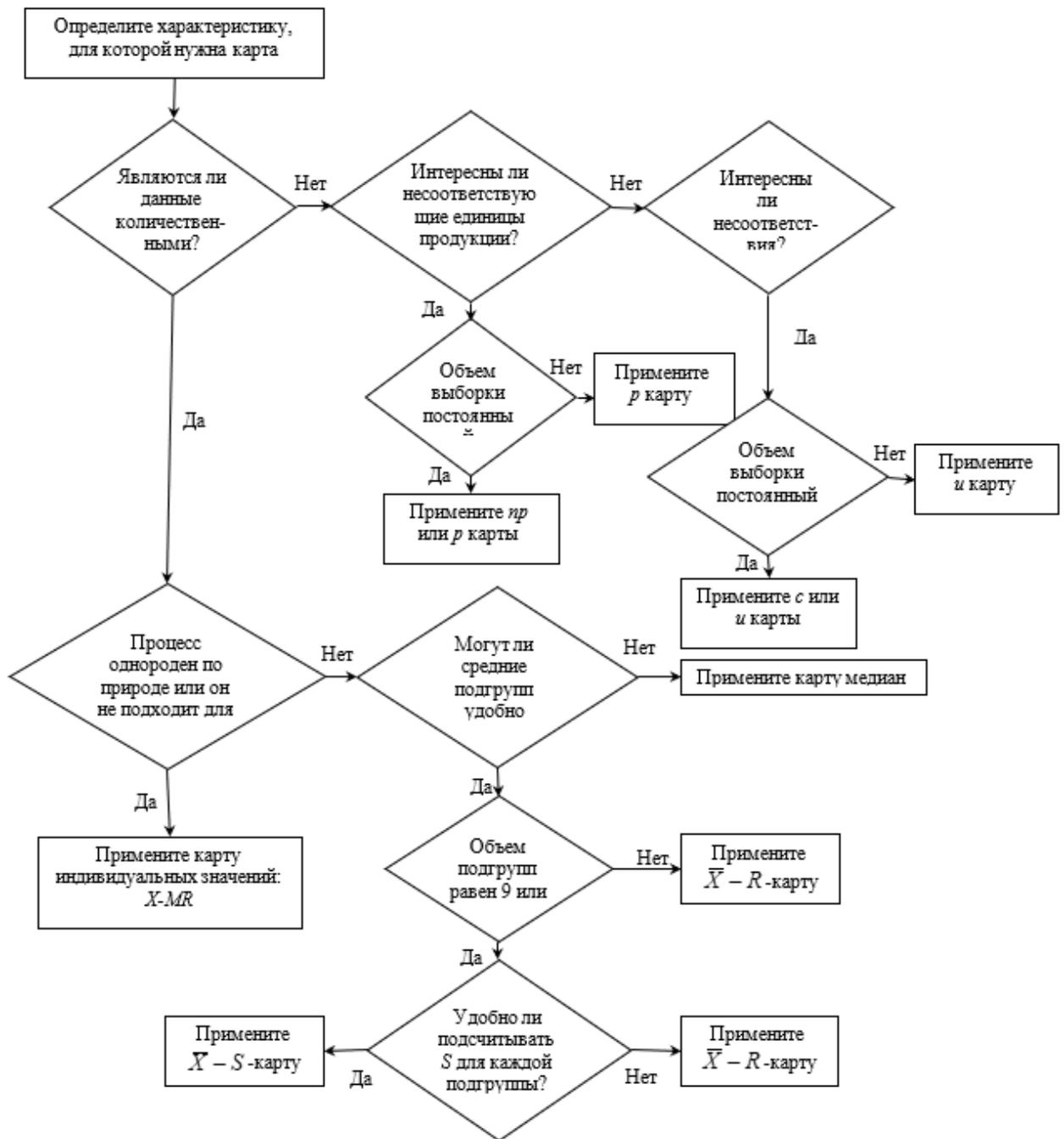


Рисунок 3.4 - Алгоритм выбора контрольных карт Шухарта

Расчет контролируемых характеристик проводится после выбора типа карт и после этого оценивается положение пробных контрольных точек. Все полученные данные наносятся на контрольные карты.

Непрерывное совершенствование процесса с использованием контрольных карт представляет процедуру, включающую этапы сбора данных, управления процессом и анализа возможностей улучшения качества.

После проведения этих трех этапов производится расчет показателя воспроизводимости процесса. При этом, значение индекса работоспособности  $C_{pk}$  должно быть не менее единицы.

### 3.4 Контрольные листки для сбора данных

Статистические методы базируются на достоверной информации и их применение начинается со сбора и упорядочения этой информации. На базе этих данных применяют тот или иной инструмент для анализа и облегчения последующей обработки этой информации.

На различных этапах технологического процесса на машиностроительных и ремонтных предприятиях при входном контроле [42] и контроле качества готовой продукции необходимо применение инструментов контроля качества: графики, контрольные карты и контрольные листки.

Для регистрации, обработки и использования собранной информации по данным о качестве, их автоматического упорядочения применяются контрольные листки. В них записываются все полученные данные о дефектах и их причинах, информация о контролируемом показателе и т.д. Форма листка зависит от его назначения. Форма контрольного листка, как правило стандартизирована, но целесообразнее выбирать подходящую форму к конкретному рабочему месту. И необходимо обязательно привлекать исполнителя при разработке контрольного листка.

Дефекты характерные для деталей с механической обработкой: царапины, трещины, раковины, деформация и несоответствие размеров заданным предельным отклонениям. Чтобы проконтролировать обработанные детали и определить вид брака задается определенный промежуток времени. Все полученные измерения и типы брака записываются в контрольные листки (рисунок 3.5). Итоговый результат и потери рассчитываются по полученным данным из этих контрольных листов [6].

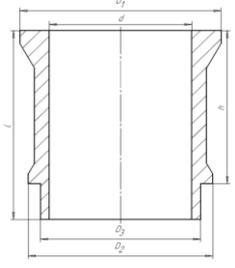
Контрольный листок по месту расположения дефектов			
Предприятие: Цех: Участок:	Изделие: <b>гильза цилиндров</b> Операция: <b>контроль</b> Контролер: ...	Контролируемые размеры, ... мм	Количество деталей
Эскиз детали			... шт.
			Стоимость детали: ... руб.
			Итого:
Типы дефектов	Данные контроля за 1 месяц	Вид брака	
Царапины		НБ	
Трещины		НБ	
Раковины		НБ	
Шероховатость > допустимой		НБ	
Не соответствие размеров:			
$d > d_{\max}$	-	ИБ	-
$d < d_{\min}$	-	НБ	-
Овальность >EFK		НБ	
Конусообразность >EZK		НБ	

Рисунок 3.5 – Контрольный листок с учетом потерь

### 3.5 Выводы

1. На основе теории проведения микрометража разработана методика контроля качества обработки гильз цилиндров. Оценка качества производится по среднему значению диаметра с определением наибольшей конусообразности и овальности.
2. Контроль качества изношенных гильз цилиндров рекомендуется проводить в верхнем сечении в плоскости качания шатуна, где методом проведения микрометража выявлен наибольший износ.
3. Разработана методика выбора средств измерений при контроле качества гильз цилиндров по внутреннему диаметру.
4. Разработана методика применения контрольных карт и контрольных листков для статистического управления процессом.

## 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

### 4.1 Микрометраж гильз цилиндров

Особенности микрометража гильз цилиндров заключается в следующем. Внутренний диаметр гильзы цилиндров измеряется в восьми сечениях от 1-1, до 8-8 и двух плоскостях А-А, В-В, по этим измерениям и контролируется рабочая поверхность (рисунок 3.1).

Для того, чтобы провести микрометраж гильзы цилиндра необходимо использовать нутромер индикаторный с цифровой головкой повышенной точности с ценой деления 0,001 мм. Для настройки прибора с целью измерения износа необходимо использовать предварительный натяг 0,3 мм, а для контроля качества новых гильз цилиндров – 0,1 мм, что обеспечит меньшую погрешность измерений.

Рассмотрим данные по микрометражу гильз цилиндров в партии для 5 двигателей ЯМЗ-238 по 8 штук в каждой, в целом - 40 новых гильз. Индикаторный нутромер с цифровой головкой с ценой деления 0,001 мм настраивался по установочному кольцу 130,000 мм и проводились измерения отклонений диаметра гильз в указанных плоскостях и сечениях (действительные отклонения). Усредненные результаты представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты микрометража партии новых гильз цилиндров двигателей ЯМЗ (группа селекции А)

Измеряемые плоскости	Отклонения от размера 130,0 мм, в сечениях по высоте гильз, мкм								Конусообразность Δ, мкм
	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7	8-8	
А-А	+10	+9	+9	+11	+10	+9	+12	+11	1,5
В-В	+15	+11	+13	+14	+14	+10	+15	+13	2,5
Овальность, мкм	2,5	1	2	1,5	2	0,5	1,5	1	-

Так же рассмотрим данные по микрометражу гильз цилиндров Д-144 - 40 шт., обработанных под ремонтный размер. Индикаторный нутромер с цифровой

головкой с ценой деления 0,001 мм настраивался по блоку концевых мер 105,7 мм и проводились измерения отклонений диаметра гильз в указанных плоскостях и сечениях (действительные отклонения). Усредненные результаты представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Результаты микрометража партии гильз цилиндров двигателей Д-144, обработанных под ремонтный размер 105,7 мм (группа селекции М)

Измеряемые плоскости	Отклонения от размера 105,7 мм, в сечениях по высоте гильз, мкм								Конусообразность Δ, мкм
	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7	8-8	
А-А	+13	+12	+12	+10	+9	+9	+10	+11	2
В-В	+14	+13	+11	+13	+11	+10	+9	+10	2,5
Овальность, мкм	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-

Изменение размеров рабочей поверхности гильзы цилиндров производится после поступления двигателя в ремонт и выпрессовки гильз. Диаметр гильзы во время эксплуатации увеличивается, появляются погрешности в геометрической форме рабочих поверхностей детали в виде овальности и конусности. Рассмотрим данные микрометража 30 изношенных гильз цилиндров ЯМЗ, которые приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Результаты микрометража партии гильз цилиндров ЯМЗ после длительной эксплуатации

Измеряемые плоскости	Отклонения от размера 130,0 мм, в сечениях по высоте гильзы, мкм								Конусообразность Δ, мкм
	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7	8-8	
А-А	+165	+253	+225	+142	+135	+122	+79	+39	107
В-В	+120	+189	+133	+92	+89	+83	+49	+20	84,5
Овальность, мкм	22,5	32	46	25	23	19,5	15	9,5	-

Данные, представленные в таблице 4.3 показывают, что наблюдается картина неравномерности износа поверхности гильз цилиндров. Наибольший износ характерен для верхней части гильз, в области расположения поршневых колец. Это обусловлено сильным истирающим действием поршневых колец в

следствии наличия в этом месте плохих условий смазки и высокого давления газов, распирающих кольца, а также действие высоких температур. Повышенный износ наблюдается и в плоскости качания шатуна из-за действия нормальной силы.

Если имеется перекосяк и осевой сдвиг коленчатого вала, то возможен повышенный износ от юбки поршня в оси, перпендикулярной плоскости качения шатуна.

В результате анализа установлено, что наибольший износ составляет 253 мкм в плоскости качания шатуна, и 189 мкм – в перпендикулярной ей плоскости.

Для изношенных гильз, в нашем случае  $E_{FK_{max}} = 46$  мкм в сечении 2-2, а  $E_{FP_{max}} = 107$  мкм в плоскости А-А, это говорит о том, что естественный износ гильз цилиндров проявляется в виде выработки в области движения поршневых колец. При этом цилиндрическая форма отверстия искажается и принимает вид овала с большим износом в плоскости качания шатуна. Выработка получается не симметричной (относительно продольной оси двигателя) из-за действия нормальной силы, при этом значения овальности по факту определяют величину зазора, через который идет прорыв газов в картер.

Таким образом, микрометраж изношенных гильз цилиндров следует особенно тщательно проводить в верхней части. Наибольший износ будет проявляться в месте остановки верхнего поршневого кольца вначале такта расширения, причем износ будет больше в плоскости качания шатуна из-за действия нормальной силы. Поэтому, перед выемкой гильзы цилиндров из блока необходимо помечать эту плоскость. Все что находится выше – это не подвергаемый механическому износу пояс, по диаметру которого можно судить о первоначальным размерам отверстия гильзы, хотя и здесь будет происходить измерение размера из-за влияния высоких температур, некоторого изменения кристаллической решетки материала, окисления и вероятности присутствия продуктов сгорания в виде нагара. Нижняя часть гильзы цилиндра подвержена износу из-за трения юбки поршня о ее поверхность. Но температура здесь меньше, наблюдается хорошая смазка, а площадь контакта значительно больше,

соответственно – давления меньше. Повышенный износ здесь может наблюдаться только при перекосах в работе кривошипно-шатунного механизма – смещения оси коленчатого вала или изгиба шатуна.

Рекомендовано контролировать гильзы цилиндров в верхнем сечении в плоскости качания шатуна, где наблюдается наибольший износ.

Микрометраж новых гильз цилиндров двигателей ЯМЗ показал, что все размеры и отклонения формы находятся в заданных пределах  $\square 130^{+0,06}$ . И новые гильзы цилиндров Д-144 так же находятся в заданных пределах  $\square 105^{+0,06}$ .

Анализ рассеяния размеров изношенных гильз цилиндров Д-144, рис. 4.1 показал, что практически 90% гильз цилиндров будут выбракованы из-за превышения границы допустимого износа. Из них около 95% могут быть обработаны под ремонтный размер  $D_p = 105,7$  мм.

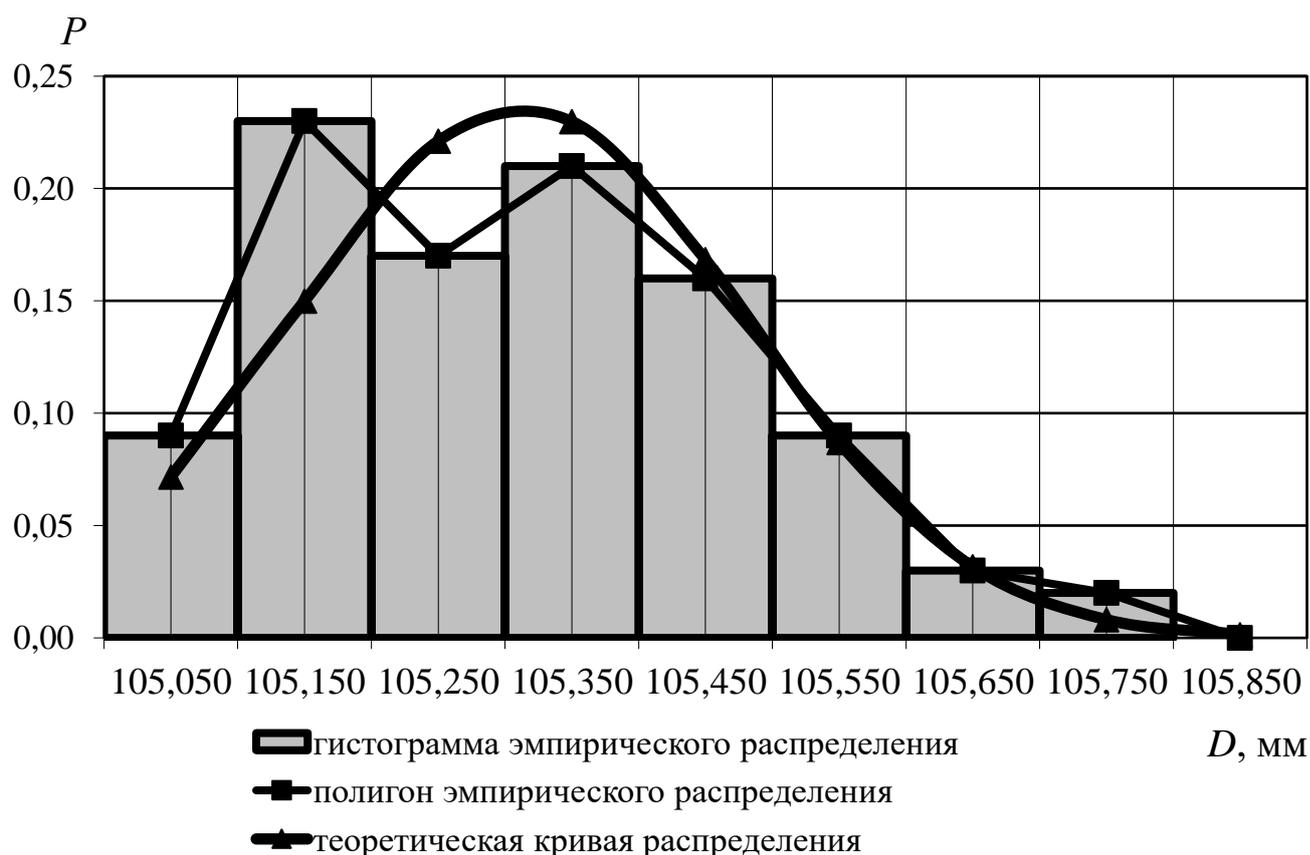


Рисунок 4.1 - Рассеяние изношенных размеров отверстий гильз цилиндров двигателя Д-144

Выявлено, что при дефектации следует контролировать гильзы цилиндров в верхнем сечении в плоскости качания шатуна (остановка первого компрессионного кольца в ВМТ), где наблюдается наибольший износ.

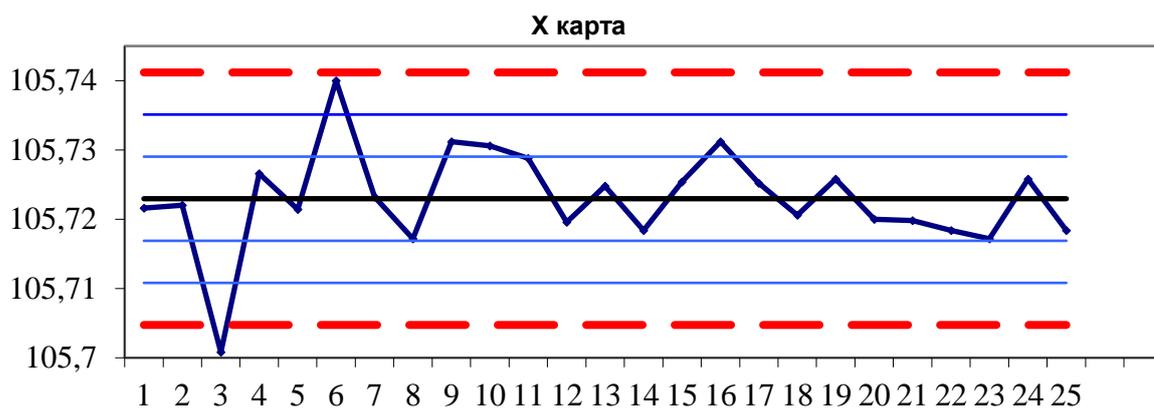
Перед ремонтным предприятием встает вопрос – обрабатывать ли гильзы под ремонтный размер или заменять их на новые путем использования ремкомплекта. Рассмотрим этот вопрос с позиции анализа качества обработки гильз цилиндров. Применим следующую последовательность действий:

- 1) Оценка стабильности процесса (проводится с помощью контрольных карт Шухарта, и если процесс стабилен, переходим ко второму этапу);
- 2) Оценка брака с помощью гистограмм (объем выборки – 100, если брака нет или его процент заранее нормирован и находится в заданных пределах, переходим к третьему этапу);
- 3) Оценка и выбор наилучшего технологического оборудования с помощью интегрального показателя качества.

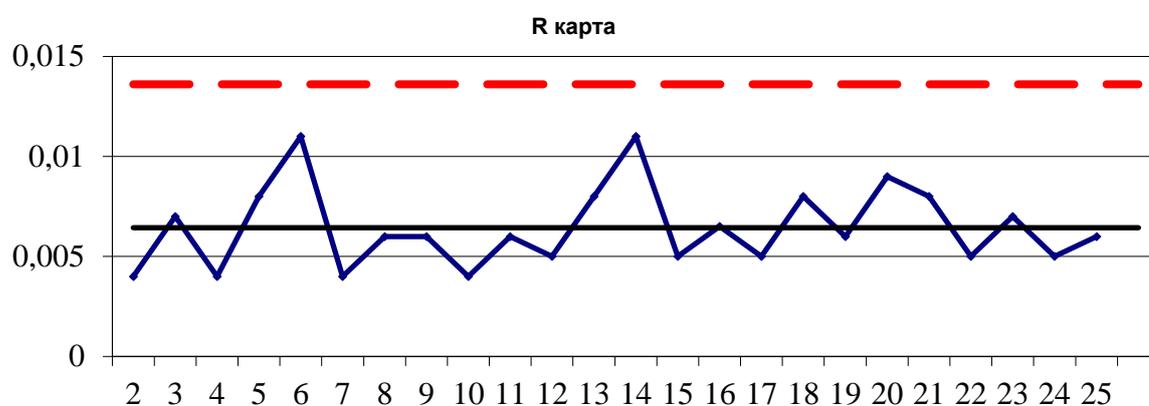
#### **4.2 Исследование технологического процесса на стабильность**

Для исследования технологического процесса на стабильность применяют контрольные карты средних размахов. Контролируемые образцы отбираем по следующим требованиям: образец из значимого цикла производства и значение измеряемого параметра этого образца должна находиться наиболее близко к середине поля допуска.

Был проведен анализ процесса на стабильность для условий финишной обработки отверстия гильз цилиндров двигателя Д-144 под ремонтный размер  $D_p = 105,7^{+0,06}$  мм (рисунок 4.2). В процессе исследования было выполнено 25 циклов измерений (по 4 измерения каждой гильзы- в двух сечениях и двух плоскостях – определялся средний размер и отклонение от цилиндричности).



а



б

Рисунок 4.2 – Контрольные карты средних значений (а) и размахов (б) для обработанных под ремонтный размер гильз цилиндров двигателя Д-144

Из рисунка 4.2 а видно, что есть единичное нарушение нижней контрольной границы (исправимый брак), а данные рисунка 4.2 б свидетельствуют о том, что отклонения от цилиндричности (овальность и конусообразность) находятся в пределах допустимого значения 0,12 мм.

По окончании эксперимента был получен массив данных, каждое значение массива  $x_{ik}$  – это результат  $k$ , измерение образца в этом цикле, т.е.  $i$  обозначает номер цикла от 1 до 25 (Т),  $k$  изменяется от 1 до 4(Q).

Для каждого  $i$  цикла измерений рассчитываем среднее значение результатов и размах:

$$\bar{X} = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q x_{ik}, \quad (4.1)$$

$$R = \max_{k=1,Q}(x_{ik}) - \min_{k=1,Q}(x_{ik}). \quad (4.2)$$

Из рисунка 4а видно, что есть единичное нарушение нижней контрольной границы (исправимый брак), а данные рисунка 4б свидетельствуют о том, что отклонения от цилиндричности (овальность и конусообразность) находятся в пределах допустимого значения 0,12 мм.

В таблице 4.4 и на рисунке 4.3 представлены результаты анализа рассеяния внутренних диаметров гильз цилиндров двигателя Д-144 обработанных под ремонтный размер  $D_p = 105,7^{+0,06}$  мм (группа селекции М).

Таблица 4.4 – Результаты анализа рассеяния внутренних диаметров гильз цилиндров

Параметр	Обозначение	Значение
Номинальный диаметр	$D_n$	$105,7^{+0,06}$ мм
Среднее значение	$\bar{X}$	105,018
Среднеквадратическое отклонение	$S$	0,011
Критерий согласия Пирсона	$\chi^2$	5,59
Вероятность согласия с законом нормального распределения	$P$	90
Коэффициент точности технологического процесса	$K_T$	0,58
Коэффициент настроенности технологического процесса	$K_c$	0,06

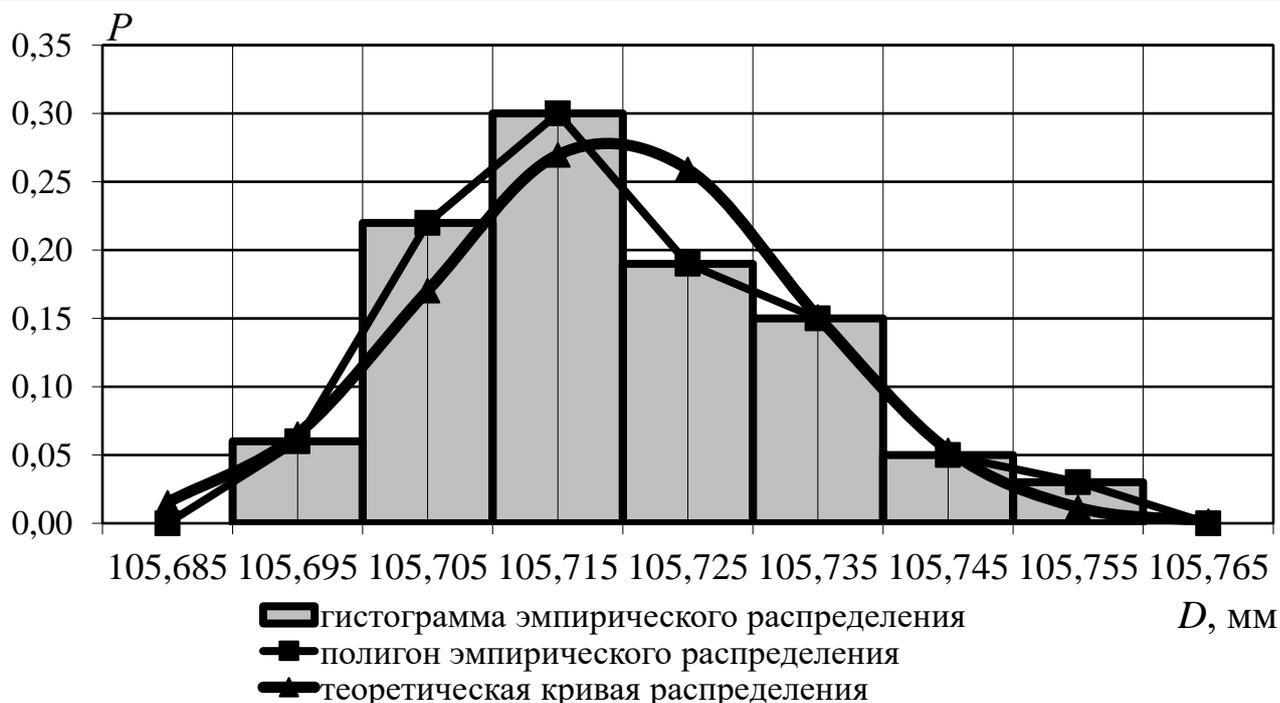


Рисунок 4.3 - Рассеяние размеров отверстий при обработке гильз цилиндров двигателя Д-144 под ремонтный размер  $D = 105,7^{+0,06}$  мм

Из рисунка 4.3 видно, что имеется 6% исправимого брака, который в дальнейшем обнаруживается и исправляется путем дополнительного финишного хонингования при непрерывном контроле размера. В итоге получается, что все 100% обработанных гильз являются годными и идут на сборку.

Анализ качества диаметров гильз цилиндров двигателя Д-144, входящих в ремкомплекты, представлен в таблице 4.5 и на рисунке 4.4.

Таблица 4.5 – Результаты анализа рассеяния внутренних диаметров гильз цилиндров двигателя Д-144

Параметр	Обозначение	Значение
Номинальный диаметр	$D_n$	$105,0_0^{+0,06}$
Среднее значение	$\bar{X}$	105,018 мм
Среднеквадратическое отклонение	$S$	0,0107
Критерий согласия Пирсона	$\chi^2$	5,598
Вероятность согласия с законом нормального распределения	$P$	91
Коэффициент точности технологического процесса	$K_T$	0,96
Коэффициент настроенности технологического процесса	$K_c$	0,05

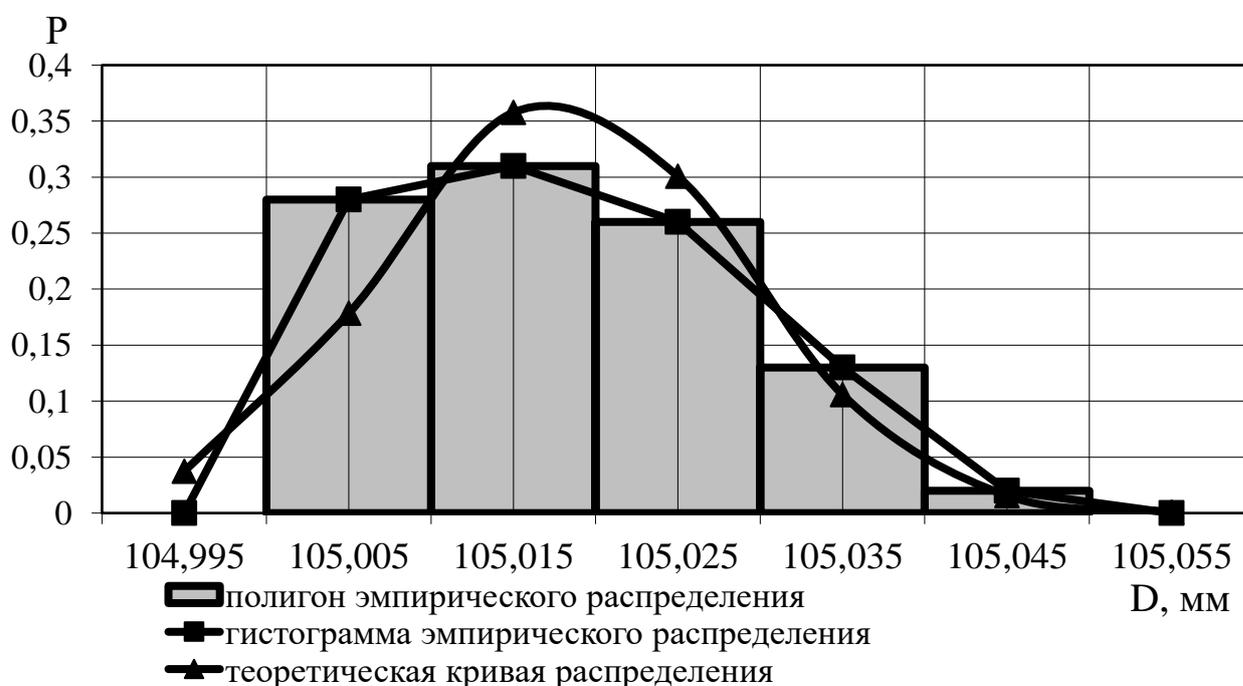


Рисунок 4.4 – Рассеяние размеров отверстий гильз цилиндров двигателя Д-144  $D = 105,0_0^{+0,06}$  мм, входящих в ремкомплекты

Процесс обработки гильз цилиндров  $D = 105,0^{+0,06}$  мм удовлетворителен. Брак отсутствует. Настроенность процесса показывает работу высококвалифицированных рабочих, грамотную настроенность калибров – автоматов на станках.

Анализ качества диаметров гильз цилиндров двигателя ЯМЗ-238, входящих в ремкомплекты, представлен в таблице 4.6 и на рисунке 4.5.

Таблица 4.6 – Результаты анализа рассеяния внутренних диаметров гильз цилиндров

Параметр	Обозначение	Значение
Номинальный диаметр	$D_n$	$130,0_0^{+0,06}$
Среднее значение	$\bar{X}$	130,0146 мм
Среднеквадратическое отклонение	$S$	0,011
Критерий согласия Пирсона	$\chi^2$	5,026
Вероятность согласия с законом нормального распределения	$P$	93
Коэффициент точности технологического процесса	$K_T$	0,91
Коэффициент настроенности технологического процесса	$K_c$	0,05

В результате анализа рассеяния размеров новых гильз цилиндров из ремкомплектов для двигателей ЯМЗ-238 (рисунок 4.5) видно, что настроенность и точность оборудования хорошая, брака нет.

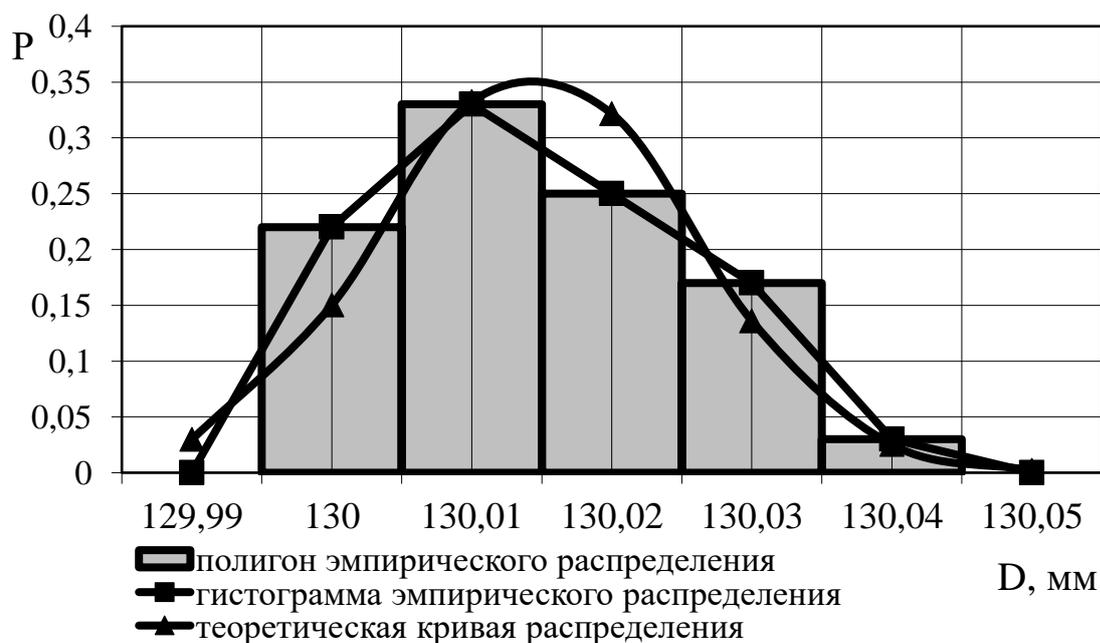


Рисунок 4.5– Рассеяние размеров отверстий гильз цилиндров двигателя ЯМЗ-238  $D = 130,0^{+0,06}$  мм, входящих в ремкомплекты

Фактически завод производит гильзы только первой  $D_1 = 130,0^{+0,02}$  и второй  $D_2 = 130,0^{+0,04}_{+0,02}$  группы селекции. Третья группа с  $D_3 = 130,0^{+0,06}_{+0,04}$  остается в резерве. Соответственно и поршни в ремкомплектах идут только первой и второй группы.

### 4.3 Характеристики станков и оценка интегрального показателя качества

Рассмотрим аналогичные новые станки, новые станки с ЧПУ и станки, бывшие в эксплуатации (приложение 1), разных производителей. Проведем полный анализ полученных результатов исследований для наглядного итога результата работы предложенной методики (см. п.2.2). Характеристики выбранных станков сведем в таблицы 4.7, 4.8, 4.9.

Таблица 4.7 – Характеристики подержанных станков

Показатели	Подержанные станки		
	3K833 РФ, базовый	3K83У РФ	NAGEL VS8-50 Germany
Количество обрабатываемых гильз Р, шт./час.	18	18	60
Масса оборудования М, кг.	1519,9	3749,7	2500,1
Стоимость оборудования Ц, р.	328311	127710	646852
Количество рабочих на операции хонингования L, чел.	1	1	1
Паспортная мощность электродвигателя W, кВт.	8,12	7,5	6,5
Нормируемый срок эксплуатации T <sub>сл</sub> , лет.	5	5	15

Таблица 4.8 – Характеристики новых станков

Показатели	Новые станки			
	3H833 РФ	3MB9817 China	Dalcan Machines- Denmark (Maxpreci) VCH 450	ROBBI SET150-L Italy
1	2	3	4	5
	базовый	новый	новый	новый
Количество обрабатываемых гильз Р, шт./час.	18	60	60	60
Масса оборудования М, кг.	1519,9	1001	751	1199

1	2	3	4	5
Стоимость оборудования Ц, р.	919999	799998	1780011	2411999
Количество рабочих на операции хонингования L, чел.	1	1	1	1
Паспортная мощность электродвигателя W, кВт.	8,12	1,625	2,35	4,32
Нормируемый срок эксплуатации T <sub>сл</sub> , лет.	30	30	30	30

Таблица 4.9 – Характеристики новых станков с ЧПУ

Показатели	Станки с ЧПУ			
	ЗК833 РФ, базовый	GEHRING Z2-800-180 Germany	CC740 РФ	ROBBI SET 200 YUM/12 Italy
Количество обрабатываемых гильз Р, шт./час.	18	40	40	40
Масса оборудования М, кг.	1520	5000	1700	2500
Стоимость оборудования Ц, р.	1664755	9276571	2354000	9787500
Количество рабочих на операции хонингования L, чел.	1	1	1	1
Паспортная мощность электродвигателя W, кВт.	8,12	32	5,5	12,3
Нормируемый срок эксплуатации T <sub>сл</sub> , лет.	30	30	30	30

Дадим пояснения относительно данных таблиц 4.7, 4.8, 4.9. Все производители устанавливают срок эксплуатации новых станков примерно 30 лет, поэтому T<sub>сл</sub> взят одинаковый для новых станков. А для подержанных станков 15 лет – половина срока эксплуатации для NAGELVS8-50 Германия, а вот для Российских ЗК833 и ЗК83У, по данным завода – 5 лет. Количество обрабатываемых гильз Р, масса оборудования М, стоимость оборудования Ц, паспортная мощность электродвигателя W – берутся по документам на эти станки. Для проведения анализа оценки интегрального показателя качества (ИПК) и комплексного показателя качества (КПК) выбранных станков произведем расчет по методике и зависимостям, полученным во второй главе. В таблицы 4.10, 4.11, 4.12 запишем полученные значения.

Таблица 4.10 – Расчет ИПК и КПК для подержанных станков

Показатели	Подержанные старые		
	3К833РФ, базовый	3К83У РФ	NAGEL VS8-50 Germany
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,0039	0,0096	0,00064
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,056	0,017
Удельная энергоемкость $\varepsilon$ , кВт/шт.	0,096	0,089	0,023
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	18	60
Себестоимость обработки $z$ , р./шт.	12,1	10,78	4,17
ИПК $g$ , шт./р.	0,083	0,093	0,24
КПК $I$	-	1,12	2,89

Таблица 4.11 – Расчет ИПК и КПК для новых станков

Показатели	Станки новые			
	3Н833 РФ, базовый	3МВ9817 China	Dalcan Machines- Denmark (Maxpreci) VCH 450	ROBBI SET150-L Italy
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00013	0,00009	0,00015
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,017	0,017	0,017
Удельная энергоемкость $\varepsilon$ , кВт/шт.	0,096	0,006	0,008	0,015
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	60	60	60
Себестоимость обработки $z$ , р./шт.	11,02	3,99	4,32	3,81
ИПК $g$ , шт./р.	0,09	0,25	0,23	0,26
КПК $I$	-	2,78	2,56	2,89

Таблица 4.12 – Расчет ИПК и КПК для новых станков с ЧПУ

Показатели	Станки с ЧПУ			
	3К833 РФ, базовый	GENRING Z2-800-180 Germany	CC740 РФ	ROBBI SET 200 YUM/12 Italy
1	2	3	4	5
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00096	0,00033	0,00048
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,025	0,025	0,025
Удельная энергоемкость $\varepsilon$ , кВт/шт.	0,096	0,17	0,029	0,07
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02

1	2	3	4	5
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	40	40	40
Себестоимость обработки з, р./шт.	11,77	9,69	6,18	9,87
ИПКg, шт./р.	0,08	0,1	0,16	0,1
КПКI	-	1,25	2	1,25

В результате расчета и сравнения интегральных показатели качества и стоимостных индексов качества старых и новых хонинговальных станков, получено, что наиболее целесообразно использовать станок ROBBI SET150-L (Италия) из числа новых, так как интегральный показатель качества равен 0,26, что выше, чем у конкурентов, таблица 4.7. А при выборе из новых станков с ЧПУ необходимо выбрать наш, Российский СС740, так как его интегральный показатель качества выше сравниваемых с ним станков. Из числа старых следует оставить NAGELVS8-50 (Германия), у которого интегральный показатель качества равен 0,24, а используемые отечественные станки ЗК833 и ЗК83У заменить на новые, в связи с тем, что их использование с технических и экономических позиций нецелесообразно.

#### **4.4 Оценка качества выбранных станков с помощью предложенной методики для производства**

Произведем расчет показателей станков с учетом затраты на ТО, как отдельной составляющей, по предложенной методике, предложенной во 2 разделе. Периодичность, продолжительность и трудоемкость ТО технологического оборудования приведены в таблице 4.13.

Для соблюдения норм периодичности, трудоемкости и продолжительности технического обслуживания и ремонта хонинговальных станков разрабатывается график проведения ТО и Р. Таблица планирования ТО и Р для наших станков приведена в приложении 2.

В первом случае выполним расчет для предприятия, работающего в 2 смены (наиболее часто встречающееся).

На основании этого графика произведем расчет КПК И ИПК выбранных нами станков с учетом затрат на ТО и Р.

Таблица 4.13 - Типовые нормы периодичности, трудоемкости и продолжительности технического обслуживания и ремонта хонинговальных станков

Вид станков	Вид ТО и Р	Периодичность выполнения ТО и Р	Трудоемкость выполнения одного ТО и Р, чел.-ч	Продолжительность выполнения, ч
<b>Вертикально-хонинговальные станки</b>				
Диаметр обрабатываемого отверстия, мм 165	ЕТО	24	1	1
	ПТО	168	8	3
	ПрТО	2000	20	5
	Т	8640	36	12
	К	51840	250	80
500	ЕТО	24	1	1
	ПТО	168	8	4
	ПрТО	2000	20	8
	Т	8640	66	22
	К	51840	440	144
<b>Вертикально-хонинговальные станки с ЧПУ</b>				
Диаметр обрабатываемого отверстия, мм	ЕТО	24	1	1
	ТО-1	100	8	2
	ТО-2	200	10	4
	ТО-3	1000	16	6
	ТО-4	2000	20	8
	Т	8640	66	22
	К	51840	440	144

По таблице планирования получим следующие данные:

1. Старые станки за оставшийся срок службы (5 лет) пройдут:

два текущих ремонта трудоемкостью  $I_T = 36 \cdot 2 = 72$  чел.-ч;

10 ПрТО трудоемкостью  $I_{ПрТО} = 20 \cdot 10 = 200$  чел.-ч;

119 ПТО трудоемкостью  $I_{ПТО} = 8 \cdot 119 = 952$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = l_k + l_T + l_{\text{ПрТО}} + l_{\text{ПТО}};$$

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = 72 + 200 + 952 = 1224 \text{ чел.-ч.};$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{t_{\text{ТОиР}}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 1224 = 177480 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p(\text{ЗК833 Россия (базовый)}) = 177480 : 328312 = 0,54;$$

$$K_p(\text{ЗК83У Россия (новый)}) = 177480 : 127702 = 1,2;$$

А старый станок NAGELVS8-50 (Германия) за оставшийся срок службы (15 лет) пройдет:

один капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 250 \cdot 1 = 250$  чел.-ч;

шесть текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 36 \cdot 6 = 216$  чел.-ч;

30 ПрТО трудоемкостью  $l_{\text{ПрТО}} = 20 \cdot 30 = 600$  чел.-ч;

353 ПТО трудоемкостью  $l_{\text{ПТО}} = 8 \cdot 353 = 2824$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = l_k + l_T + l_{\text{ПрТО}} + l_{\text{ПТО}};$$

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = 250 + 216 + 600 + 2824 = 3890 \text{ чел.-ч.};$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{t_{\text{ТОиР}}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 3890 = 564050 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p(\text{NAGELVS8-50 Германия(новый)}) = 564050 : 646853 = 0,87.$$

2. Новые станки за весь срок службы (30 лет) пройдут:

два капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 250 \cdot 2 = 500$  чел.-ч;

13 текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 36 \cdot 13 = 468$  чел.-ч;

36 ПрТО трудоемкостью  $l_{\text{ПрТО}} = 20 \cdot 36 = 720$  чел.-ч;

424 ПТО трудоемкостью  $l_{\text{ПТО}} = 8 \cdot 424 = 3392$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = l_k + l_T + l_{\text{прТО}} + l_{\text{прТО}};$$

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = 500 + 468 + 720 + 3392 = 5080 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{t_{\text{ТОиР}}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 5080 = 736600 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p(\text{ЗН833 Россия (базовый новый)}) = 736600 : 920000 = 0,8;$$

$$K_p(\text{ЗМВ9817 Китай (новый)}) = 736600 : 800000 = 0,92;$$

$$K_p(\text{DalcанMachines-DenmarkVCH 450 Дания (новый)}) = 736600 : 1780000 = 0,41;$$

$$K_p(\text{ROBBI SET150-L Италия (новый)}) = 736600 : 2412000 = 0,3.$$

3. А новые станки с ЧПУ за весь срок службы (30 лет) пройдут:

2 капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 440 \cdot 2 = 880$  чел.-ч;

13 текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 66 \cdot 13 = 858$  чел.-ч;

36 ТО-4 трудоемкостью  $l_{\text{ТО4}} = 20 \cdot 36 = 720$  чел.-ч;

36 ТО-3 трудоемкостью  $l_{\text{ТО3}} = 16 \cdot 36 = 576$  чел.-ч;

324 ТО-2 трудоемкостью  $l_{\text{ТО2}} = 10 \cdot 324 = 3240$  чел.-ч;

396 ТО-1 трудоемкостью  $l_{\text{ТО1}} = 8 \cdot 396 = 3168$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = l_k + l_T + l_{\text{ТО4}} + l_{\text{ТО3}} + l_{\text{ТО2}} + l_{\text{ТО1}};$$

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = 880 + 858 + 720 + 576 + 3240 + 3168 = 9442 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{t_{\text{ТОиР}}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 9442 = 1369090 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p(\text{ЗН833 Россия (базовый новый)}) = 1369090 : 1664755 = 0,82;$$

$$K_p(\text{GEHRINGZ2-800- 180 Германия (новый)}) = 1369090 : 9276571 = 0,15;$$

$$K_p(\text{CC740 Россия (новый)}) = 1369090 : 2354000 = 0,58;$$

$$K_p(\text{ROBBI SET 200 YUM/12 Италия (новый)}) = 1369090 : 9787500 = 0,12.$$

Полученные данные подставим в формулу, произведем расчет и сведем все в таблицы 4.14, 4.15, 4.16.

Таблица 4.14–Расчет ИПК и КПК с ТО и Рпри работе оборудования в 2 смены для подержанных станков

Показатели	Подержанные старые		
	ЗК833 РФ, базовый	ЗК83У РФ	NAGEL VS8-50 Germany
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,0039	0,0096	0,00064
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,056	0,017
Удельная энергоемкость $э$ , кВт/шт.	0,096	0,089	0,023
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость ТОиР $t_{ТОиР}$ , чел.-ч /шт	0,003	0,003	0,001
Производительность труда $П_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	18	60
Себестоимость обработки $з$ , р./шт.	11,46	10,8	4,11
ИПК $g$ , шт./р.	0,087	0,093	0,243
КПК $I$	-	1,069	2,793

Таблица 4.15 - Расчет ИПК и КПК с ТО и Р при работе оборудования в 2 смены для новых станков

Показатели	Новые станки			
	ЗН833 РФ, базовый	ЗМВ9817 China	Dalcan Machines- Denmark (Maxpreci) VCH 450	ROBBI SET150-L Italy
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00013	0,00009	0,00015
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,017	0,017	0,017
Удельная энергоемкость $э$ , кВт/шт.	0,096	0,006	0,008	0,015
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость ТОиР $t_{ТОиР}$ , чел.-ч /шт	0,002	0,0006	0,0006	0,0006
Производительность труда $П_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	60	60	60
Себестоимость обработки $з$ , р./шт.	10,74	3,95	4,1	3,9
ИПК $g$ , шт./р.	0,093	0,253	0,244	0,256
КПК $I$	-	2,72	2,624	2,753

Таблица 4.16 - Расчет ИПК и КПК с ТО и Р при работе оборудования для новых станков с ЧПУ

Показатели	Станки с ЧПУ			
	3K833 РФ, базовый	GENRING Z2-800-180 Germany	CC740 РФ	ROBBI SET 200 YUM/12 Italy
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00096	0,00033	0,00048
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,025	0,025	0,025
Удельная энергоемкость $\varepsilon$ , кВт/шт.	0,096	0,17	0,029	0,07
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{пв}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость $TOиP_{TOиP}$ , чел.-ч /шт	0,004	0,002	0,002	0,002
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	40	40	40
Себестоимость обработки $z$ , р./шт.	11,44	7,67	5,89	7,72
ИПК $g$ , шт./р.	0,087	0,13	0,17	0,13
КПК $I$	-	1,494	1,954	1,494

После составления графика ТО и Р следует предложить некоторые улучшения. Так как периодичность К, Т и ТО-4 (ПрТО) совпадают, типовые нормы периодичности, трудоемкости и продолжительности технического обслуживания и ремонта хонинговальных станков для станков с ЧПУ проводить как для обычных новых станков.

Таким образом, новые с ЧПУ станки за весь срок службы (30 лет) пройдут:

два капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 250 \cdot 2 = 500$  чел.-ч;

13 текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 36 \cdot 13 = 468$  чел.-ч;

36 ПрТО трудоемкостью  $l_{ПрТО} = 20 \cdot 36 = 720$  чел.-ч;

424 ПТО трудоемкостью  $l_{ПТО} = 8 \cdot 424 = 3392$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{ТОиР}} = l_k + l_T + l_{ПрТО} + l_{ПТО};$$

$$L_{t_{ТОиР}} = 500 + 468 + 720 + 3392 = 5080 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{ТОиР} = a_{ТОиР} \cdot L_{t_{ТОиР}};$$

$$a_{ТОиР} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{\text{Тоир}} = 145 \cdot 5080 = 736600 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{Тоир}} / Ц;$$

$$K_p(\text{3K833 Россия (базовый новый)}) = 736600 : 1664755 = 0,44;$$

$$K_p(\text{GEHRINGZ2-800- 180 Германия (новый)}) = 736600 : 9276571 = 0,08;$$

$$K_p(\text{CC740 Россия (новый)}) = 736600 : 2354000 = 0,3;$$

$$K_p(\text{ROBBI SET 200 YUM/12 Италия (новый)}) = 736600 : 9787500 = 0,08.$$

Расчет с новой периодичностью ТО и Р сведем в таблицу 4.17.

Таблица 4.17 - Расчет ИПК и КПК с ТО и Р при работе оборудования в 2 смены для новых станков с ЧПУ

Показатели	Станки с ЧПУ			
	3K833 РФ, базовый	GEHRING Z2-800-180 Germany	CC740 РФ	ROBBI SET 200 YUM/12 Italy
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00096	0,00033	0,00048
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,025	0,025	0,025
Удельная энергоемкость $\varepsilon$ , кВт/шт.	0,096	0,17	0,029	0,07
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{\text{п}}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость $TOиP_{\text{Тоир}}$ , чел.-ч /шт	0,002	0,001	0,001	0,001
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	40	40	40
Себестоимость обработки $z$ , р./шт.	11,14	7,51	5,74	7,57
ИПК $g$ , шт./р.	0,09	0,13	0,17	0,13
КПК $l$	-	1,44	1,89	1,44

Рассчитав и сравнив, с учетом затрат на ТО и Р, интегральные показатели и стоимостные показатели качества подержанных и новых хонинговальных станков практически не изменились. Из новых станков наиболее целесообразно применять ROBBI SET150-L (Italy). А вот при выборе из новых станков с ЧПУ, интегральных показатели качества увеличился, но все равно, как и при классическом расчете, необходимо выбрать нас Российский CC740, так как его интегральный показатель качества выше сравниваемых с ним станков. Из числа старых следует так же оставить NAGELVS8-50 (Германия), у которого интегральный показатель качества выше по сравнению с используемыми отечественными станками 3K833 и

ЗК83У, и заменить их на новые, в связи с тем, что их использование с технических и экономических позиций нецелесообразно.

Во втором случае выполним расчет для предприятия, работающего в 3 смены, так как рассматриваем конкретное технологическое оборудование конкретного завода.

На основании графика (приложение 2) произведем расчет ТЭУ И ИПК выбранных станков с учетом затрат на ТО и Р.

По таблице планирования получим следующие данные:

1. Старые станки за оставшийся срок службы (5 лет) пройдут:

5 текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 36 \cdot 5 = 180$  чел.-ч;

20 ПрТО трудоемкостью  $l_{ПрТО} = 20 \cdot 20 = 400$  чел.-ч;

248 ПТО трудоемкостью  $l_{ПТО} = 8 \cdot 248 = 1980$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{\text{ТОиР}} = l_k + l_T + l_{\text{ПрТО}} + l_{\text{ПТО}};$$

$$L_{\text{ТОиР}} = 180 + 400 + 1980 = 2560 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{\text{ТОиР}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб.} \cdot \text{нор}/\text{час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 2560 = 371200 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p(\text{ЗК833 Россия (базовый)}) = 371200 : 328312 = 1,1;$$

$$K_p(\text{ЗК83У Россия (новый)}) = 371200 : 127702 = 2,9.$$

А старый станок NAGELVS8-50 (Германия) за оставшийся срок службы (15 лет) пройдет:

2 капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 250 \cdot 2 = 500$  чел.-ч;

13 текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 36 \cdot 13 = 468$  чел.-ч;

60 ПрТО трудоемкостью  $l_{\text{ПрТО}} = 20 \cdot 60 = 1200$  чел.-ч;

705 ПТО трудоемкостью  $l_{\text{ПТО}} = 8 \cdot 705 = 5640$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{\text{ТОиР}} = l_k + l_T + l_{\text{ПрТО}} + l_{\text{ПТО}};$$

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = 500 + 468 + 1200 + 5640 = 7808 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{t_{\text{ТОиР}}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 7808 = 1132160 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p (\text{NAGELVS8-50 Германия(новый)}) = 1132160 : 646853 = 1,7.$$

2. Новые станки за весь срок службы (30 лет) пройдут:

пять капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 250 \cdot 5 = 1250$  чел.-ч;

двадцать пять текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 36 \cdot 25 = 900$  чел.-ч;

120 ПрТО трудоемкостью  $l_{\text{ПрТО}} = 20 \cdot 120 = 2400$  чел.-ч;

1410 ПТО трудоемкостью  $l_{\text{ПТО}} = 8 \cdot 1410 = 11280$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = l_k + l_T + l_{\text{ПрТО}} + l_{\text{ПТО}};$$

$$L_{t_{\text{ТОиР}}} = 1250 + 900 + 2400 + 11280 = 15830 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{t_{\text{ТОиР}}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 15830 = 2\,295\,350 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p (\text{3Н833 Россия (базовый новый)}) = 2295350 : 920000 = 2,4;$$

$$K_p (\text{3МВ9817 Китай (новый)}) = 2295350 : 800000 = 2,8;$$

$$K_p (\text{DalcanMachines-DenmarkVCH 450 Дания (новый)}) = 2295350 : 1780000 = 1,3;$$

$$K_p (\text{ROBVI SET150-L Италия (новый)}) = 2295350 : 2412000 = 0,95.$$

3. А новые станки с ЧПУ за весь срок службы (30 лет) пройдут:

пять капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 440 \cdot 5 = 2200$  чел.-ч;

двадцать пять текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 66 \cdot 25 = 1650$  чел.-ч;

120 ТО-4 трудоемкостью  $l_{\text{ТО4}} = 20 \cdot 120 = 2400$  чел.-ч;

120 ТО-3 трудоемкостью  $l_{\text{ТО3}} = 16 \cdot 120 = 1920$  чел.-ч;

1050 ТО-2 трудоемкостью  $l_{TO2} = 10 \cdot 1050 = 10500$  чел.-ч;

1290 ТО-1 трудоемкостью  $l_{TO1} = 8 \cdot 1290 = 10320$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{ТОиР}} = l_k + l_T + l_{TO4} + l_{TO3} + l_{TO2} + l_{TO1};$$

$$L_{t_{ТОиР}} = 2200 + 1650 + 2400 + 1920 + 10500 + 10320 = 28990 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{ТОиР} = a_{ТОиР} \cdot L_{t_{ТОиР}};$$

$$a_{ТОиР} = 145 \text{ руб. нор/час};$$

$$SC_{ТОиР} = 145 \cdot 28990 = 4\,203\,550 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{ТОиР} / Ц;$$

$$K_p(\text{ЗН833 Россия (базовый новый)}) = 4203550 : 1664755 = 2,5;$$

$$K_p(\text{GENRINGZ2-800- 180 Германия (новый)}) = 4203550 : 9276571 = 0,5;$$

$$K_p(\text{CC740 Россия (новый)}) = 4203550 : 2354000 = 1,8;$$

$$K_p(\text{ROBBI SET 200 YUM/12 Италия (новый)}) = 4203550 : 9787500 = 0,4.$$

Полученные данные подставим в формулу, произведем расчет и сведем все в таблицы 4.18, 4.19, 4.20.

Таблица 4.18 - Расчет ИПК и КПК с ТО и Р при работе оборудования в 3 смены для подержанных станков

Показатели	Подержанные станки		
	ЗК833 РФ, базовый	ЗК83У РФ	NAGEL VS8-50 Germany
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,0039	0,0096	0,00064
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,056	0,017
Удельная энергоемкость $э$ , кВт/шт.	0,096	0,089	0,023
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость ТОиР $t_{ТОиР}$ , чел.-ч /шт	0,003	0,003	0,001
Производительность труда $П_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	18	60
Себестоимость обработки $з$ , р./шт.	11,46	10,8	4,1
ИПК $g$ , шт./р.	0,087	0,093	0,244
КПК $l$	-	1,069	2,8

Таблица 4.19 - Расчет ИПК и КПК с ТО и Р при работе оборудования в 3 смены для новых станков

Показатели	Новые станки			
	3Н833 РФ, базовый	3МВ9817 China	Dalcan Machines- Denmark VCH 450	ROBBI SET150-L Italy
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00013	0,00009	0,00015
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,017	0,017	0,017
Удельная энергоемкость $э$ , кВт/шт.	0,096	0,006	0,008	0,015
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость ТОиР $t_{ТОиР}$ , чел.-ч /шт	0,0034	0,001	0,001	0,001
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	60	60	60
Себестоимость обработки $з$ , р./шт.	10,95	4	4,16	3,93
ИПК $g$ , шт./р.	0,091	0,25	0,24	0,254
КПК $l$	-	2,75	2,64	2,79

Таблица 4.20 - Расчет ИПК и КПК с ТО и Р при работе оборудования в 3 смены для новых станков с ЧПУ

Показатели	Станки с ЧПУ			
	3К833 РФ, базовый	GENRING Z2-800-180 Germany	CC740 РФ	ROBBI SET 200 YUM/12
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00096	0,00033	0,00048
Удельная трудоемкость работ $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,025	0,025	0,025
Удельная энергоемкость работы $э$ , кВт/шт.	0,096	0,17	0,029	0,07
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость ТОиР $t_{ТОиР}$ , чел.-ч /шт	0,006	0,003	0,003	0,003
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	40	40	40
Себестоимость обработки $з$ , р./шт.	11,75	7,82	6	7,87
ИПК $g$ , шт./р.	0,085	0,128	0,167	0,127
КПК $l$	-	1,5	1,96	1,49

Как и для работы в 2 смены, после составления графика ТО и Р хотим предложить следующее. Так как периодичность К, Т и ТО-4 (ПрТО) совпадают, типовые нормы периодичности, трудоемкости и продолжительности технического обслуживания и ремонта хонинговальных станков для новых станков с  $k_p$ .

Таким образом, новые с ЧПУ станки за весь срок службы (30 лет) пройдут: пять капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 250 \cdot 5 = 1250$  чел.-ч; двадцать пять текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 36 \cdot 25 = 900$  чел.-ч; 120 ПрТО трудоемкостью  $l_{ПрТО} = 20 \cdot 120 = 2400$  чел.-ч; 1410 ПТО трудоемкостью  $l_{ПТО} = 8 \cdot 1410 = 11280$  чел.-ч. Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{t_{ТОиР}} = l_k + l_T + l_{ПрТО} + l_{ПТО};$$

$$L_{t_{ТОиР}} = 1250 + 900 + 2400 + 11280 = 15830 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{ТОиР} = a_{ТОиР} \cdot L_{t_{ТОиР}};$$

$$a_{ТОиР} = 145 \text{ руб.} \cdot \text{нор}/\text{час};$$

$$SC_{ТОиР} = 145 \cdot 15830 = 2\,295\,350 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{ТОиР} / Ц;$$

$$K_p (\text{ЗН833 Россия (базовый новый)}) = 2295350 : 1664755 = 1,38;$$

$$K_p (\text{GENRINGZ2-800- 180 Германия (новый)}) = 2295350 : 9276571 = 0,23;$$

$$K_p (\text{CC740 Россия (новый)}) = 2295350 : 2354000 = 0,98;$$

$$K_p (\text{ROBBI SET 200 YUM/12 Италия (новый)}) = 2295350 : 9787500 = 0,23.$$

Расчет с новой периодичностью ТО и Р сведем в таблицу 4.21.

Таблица 4.21 - Расчет ИПК и КПК с ТО и Р при работе оборудования в 3 смены для новых станков с ЧПУ

Показатели	Станки с ЧПУ			
	ЗК833 РФ, базовый	GENRING Z2-800-180 Germany	CC740 РФ	ROBBI SET 200 YUM/12
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,00065	0,00096	0,00033	0,00048
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	0,056	0,025	0,025	0,025
Удельная энергоемкость $э$ , кВт/шт.	0,096	0,17	0,029	0,07
Удельная материалоемкость ПВМ $m_n$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость ТОиР $t_{ТОиР}$ , чел.-ч /шт	0,007	0,003	0,003	0,003
Производительность труда $П_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	18	40	40	40
Себестоимость обработки $з$ , р./шт.	11,9	7,8	6,04	7,87
ИПК $g$ , шт./р.	0,084	0,128	0,166	0,127
КПК $l$	-	1,524	1,976	1,512

Рассчитав и сравнив, с учетом затрат на ТО и Р, интегральные показатели и комплексные показатели качества, при работе в 3 смены, подержанных и новых хонинговальных станков, получим выводы, что результаты расчета практически не изменились. Из новых станков наиболее целесообразно применять ROBBИ SET150-L (Italy). А вот при выборе из новых станков с ЧПУ в 3 смены, как и при работе в 2 смены, интегральный показатель качества увеличился, но все равно, как и при классическом расчете, необходимо выбрать наш Российский СС740, так как его интегральный показатель качества выше сравниваемых с ним станков. Из числа старых следует так же оставить NAGELVS8-50 (Германия), у которого интегральный показатель качества выше по сравнению с используемыми отечественными станками ЗК833 и ЗК83У, и заменить их на новые, в связи с тем, что их использование с технических и экономических позиций нецелесообразно.

Результаты расчетов, представленных в таблицах 4.14 - 4.20, отобразим рисунками 4.6 - 4.8.

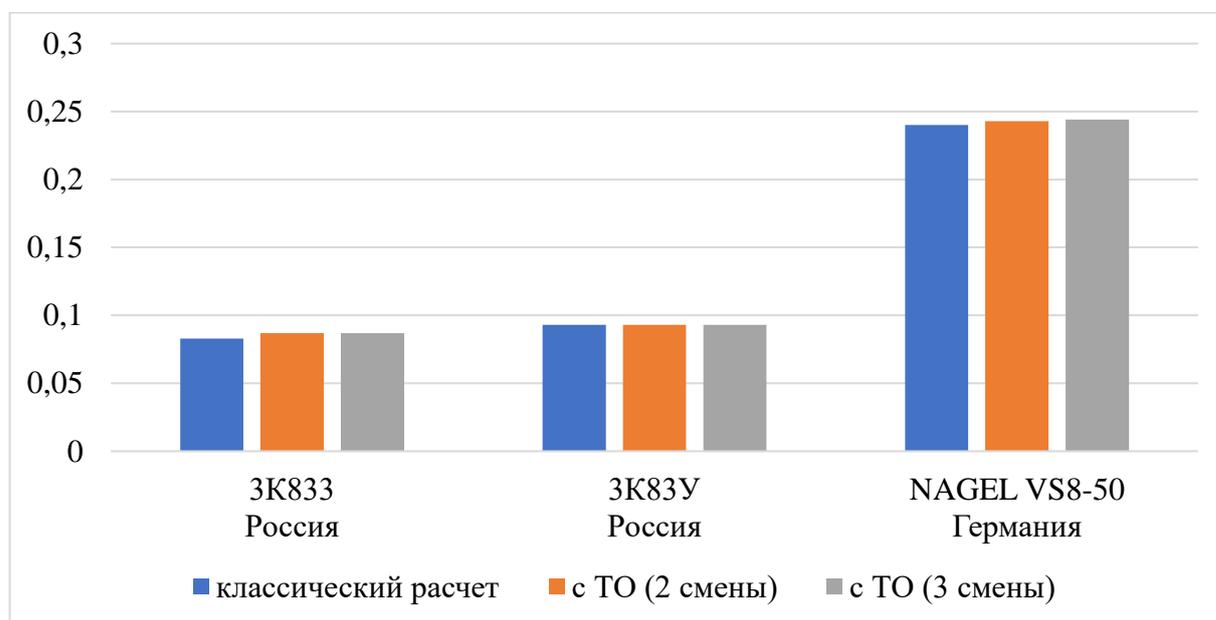


Рисунок 4.6 – Интегральный показатель качества подержанных станков

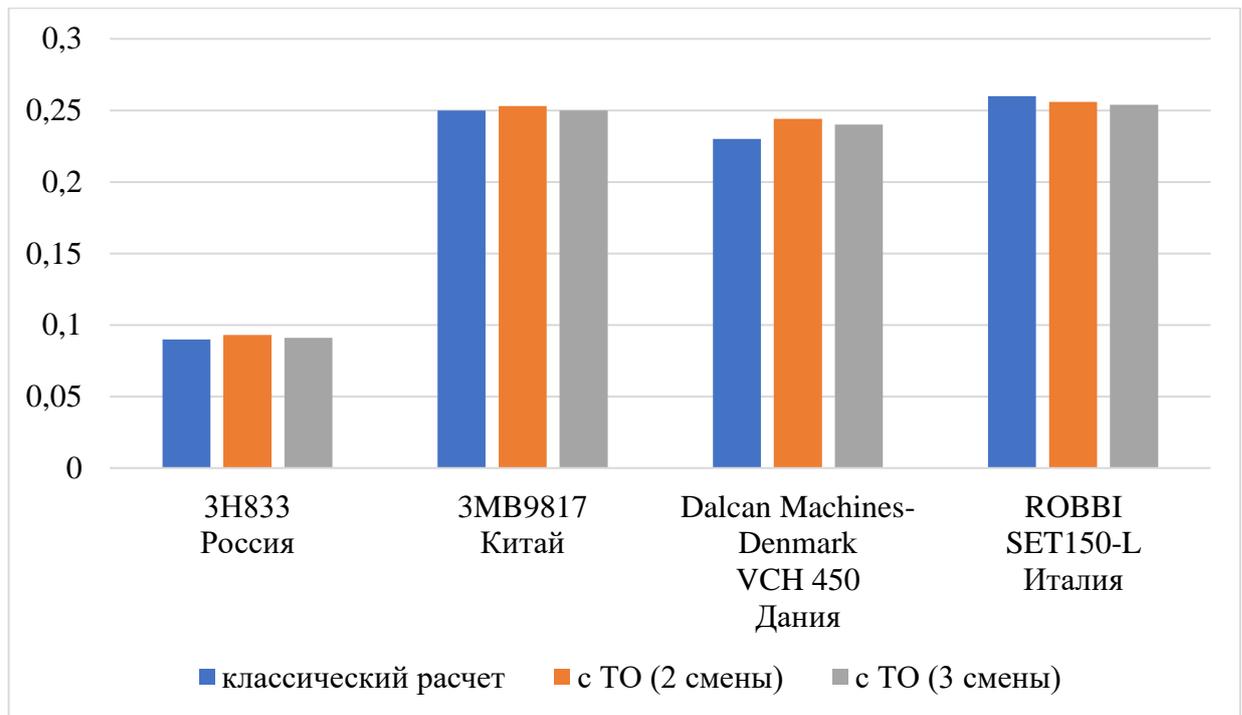


Рисунок 4.7 – Интегральный показатель качества новых станков

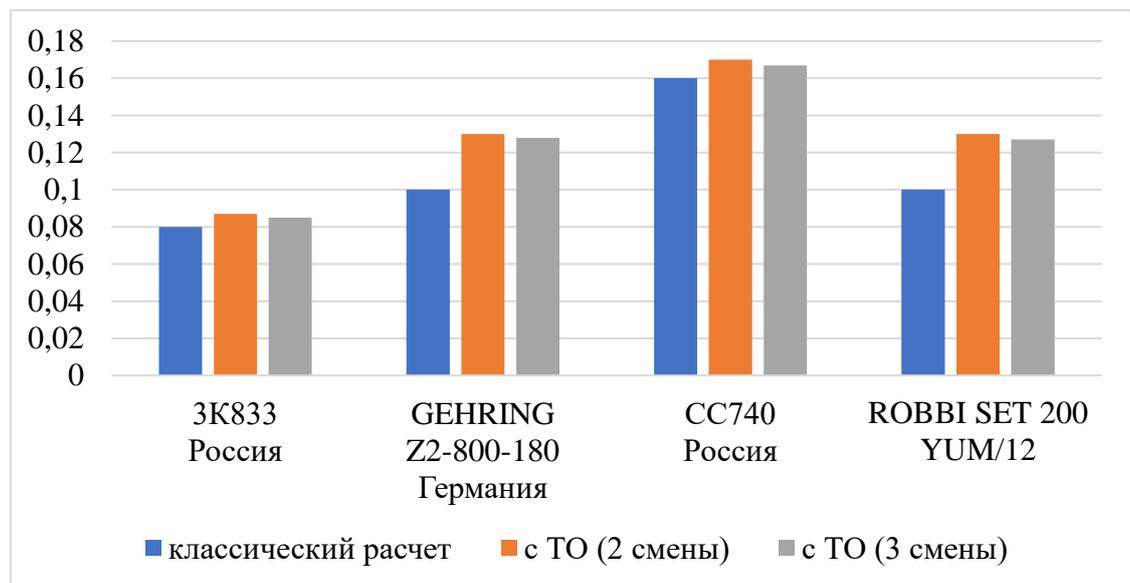


Рисунок 4.8 – Интегральный показатель качества новых станков с ЧПУ

На основании наших расчетов сведем в таблицу 4.22 полученный  $k_p$  – коэффициент учета затрат ТО и Р технологического оборудования для каждого рассмотренного станка.

Таблица 4.22 – Значения коэффициента на ТО и Р

Станки	Коэффициент $k_p$		
	применяемый	2 смены с ТО и Р	3 смены с ТО и Р
<b>Станки подержанные:</b>			
3К833 (РФ)	2,04	0,54	1,1
3К83У (РФ)		1,2	2,9
NAGEL VS8-50 (Germany)		0,87	1,7
<b>Станки новые:</b>			
3Н833 (РФ)	2,04	0,8	2,4
3МВ9817 (China)		0,92	2,8
Dalcan Machines-Denmark (Maxpreci) VCH 450		0,41	1,3
ROBBI SET150-L (Italy)		0,3	0,95
<b>Станки новые с ЧПУ:</b>			
3К833 (РФ)	2,04	0,82 (0,44)*	2,5 (1,38)*
GENRING Z2-800-180 (Germany)		0,15 (0,08)*	0,5 (0,23)*
CC740 (РФ)		0,58 (0,3)*	1,8 (0,98)*
ROBBI SET 200 YUM/12 (Italy)		0,12 (0,08)*	0,4 (0,23)*

\* - в скобках указано значение  $k_p$ , полученное в результате рационального предложения проводить ТО и Р для новых станков с ЧПУ с периодичностью как для обычных станков.

Из таблицы 4.22 видно, что коэффициенты учета затрат ТО и Р технологического оборудования очень сильно отличаются от того, который рекомендован при расчете технико-экономического уровня для сравнения станков (2,04). Данный коэффициент рассчитывается от величины стоимости станка, и в базовом варианте принято, что 2,04 стоимости станка будет потрачено на ТО и Р. Реальные данные для каждого станка – различны. И если для старых станков получаемые величины логично малы, так как им мало осталось сделать ТО и Р, то для новых, при одинаковых планируемых сроках службы, они имеют существенное расхождение из-за различия стоимости этих станков. Естественно, для более дорогих станков данный коэффициент будет меньше, для дешевых – больше.

Вывод один – необходимо обязательно проводить такого рода расчеты количества операций по ТО и Р для каждой модели станка, что позволит получить

более корректные и реальные данные в расчетах ИПК и КПК станков и оцениваемых процессов финишной обработки.

Возникает следующий вопрос, а какова доля каждого ресурса, затрачиваемого на выполнение операции финишной обработки гильз цилиндров. Рассмотрим это в 4.5.

#### **4.5 Оценка качества станков параметрическим методом для производства**

Для оценки качества выбранных станков применим параметрический метод. При оценке взятых образцов однородной техники (вертикально-хонинговальные станки), изготовленной в разных странах, этот метод позволяет исключить неопределенность исходных данных. Проведем расчет без учета затрат на ТО и Р, а затем с затратами на ТО и Р при работе в 2 и 3 смены.

Сумма долей элементов, характеризующих ИПК в нижней части формулы (2.2):

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1, \quad (4.3)$$

а с учетом расходов на ТО и Р уравнение (4.3) будет иметь вид:

$$\alpha + \beta + \gamma + \delta + \varepsilon = 1, \quad (4.4)$$

где  $\alpha$  – удельный вес амортизации оборудования ( $A_n$ );  $\beta$  – удельный вес заработной платы рабочего, выполняющего финишную операцию ( $B_n$ );  $\gamma$  – удельный вес расходов на энергию ( $C_n$ );  $\delta$  – удельный вес расходов на сырье и ПВМ ( $D_n$ );  $\varepsilon$  – удельный вес расходов на ТО и Р ( $E_n$ ).

Данные из таблиц 4.7 – 4.9. используем для расчета.

Определим доли затрат без учета на ТО и Р с помощью разложения зависимости ИПК по элементам ресурсоемкости и расценки данного вида ресурса на единицу продукции для подержанных, новых станков и новых станков с ЧПУ. Полученные данные запишем в таблицы 4.23 – 4.25.

Таблица 4.23 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для подержанных станков без учета затрат на ТО и Р

Элементы расходов на процесс	Подержанные станки					
	ЗК833 РФ		ЗК83У РФ		NAGEL VS8-50 Germany	
	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$
$A_H = a_o * M * K_M * K_P * K_{нов}$	2,16	0,18	0,84	0,08	0,43	0,1
$B_H = a_t * t * k_{zn} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,72	8,82	0,82	2,68	0,64
$C_H = a_3 * \varepsilon * k_c * k_{нов}$	0,071	0,01	0,066	0,01	0,017	0,01
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,09	1,05	0,09	1,05	0,25
$A_H + B_H + C_H + D_H = z_n$	12,1	1	10,78	1	4,18	1
КПКІ	-		1,1		1,38	

Таблица 4.24 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для новых станков без учета затрат на ТО и Р

Элементы расходов на процесс	Новые станки							
	ЗН833 РФ		ЗМВ9817 China		Dalcen Machines-Denmark VCH 450		ROBBI SET150-L Italy	
	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$
$A_H = a_o * M * K_M * K_P * K_{нов}$	1,01	0,09	0,27	0,066	0,59	0,14	0,08	0,02
$B_H = a_t * t * k_{zn} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,8	2,68	0,67	2,68	0,62	2,68	0,7
$C_H = a_3 * \varepsilon * k_c * k_{нов}$	0,071	0,01	0,004	0,001	0,006	0,001	0,011	0,003
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,1	1,05	0,263	1,05	0,239	1,05	0,277
$A_H + B_H + C_H + D_H = z_n$	10,95	1	4	1	4,33	1	3,82	1
КПКІ	-		1,34		1,18		1,29	

Таблица 4.25 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для новых станков с ЧПУ без учета затрат на ТО и Р

Элементы расходов на процесс	Станки с ЧПУ							
	ЗК833 РФ		GENRING Z2-800-180		CC740 РФ		ROBBI SET 200 YUM/12	
	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$	руб./шт.	доля от $z_n$
$A_H = a_o * M * K_M * K_P * K_{нов}$	1,83	0,155	4,58	0,47	1,17	0,189	4,8	0,49
$B_H = a_t * t * k_{zn} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,749	3,94	0,4	3,94	0,637	3,94	0,4
$C_H = a_3 * \varepsilon * k_c * k_{нов}$	0,071	0,007	0,126	0,02	0,021	0,004	0,052	0,004
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,089	1,05	0,11	1,05	0,169	1,05	0,106
$A_H + B_H + C_H + D_H = z_n$	11,77	1	9,7	1	6,18	1	9,84	1
КПКІ	-		0,69		2,08		0,66	

А теперь, по элементам ресурсоемкости и расценок данного вида ресурса на единицу продукции для подержанных, новых станков и новых станков с ЧПУ для работы в 2 и в 3 смены, используя эти же исходные данные из таблиц 4.7 – 4.9, определим доли расходов с учетом затрат на ТО и Р с помощью разложения зависимости (2.11). Полученные данные запишем в таблицы 4.26 – 4.31.

Таблица 4.26 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для подержанных станков с учетом затрат на ТО и Р при работе в 2 смены

Элементы расходов на процесс	Подержанные станки					
	ЗК833 РФ		ЗК83У РФ		NAGEL VS8-50 Germany	
	руб./шт.	доля от $z_H$	руб./шт.	доля от $z_H$	руб./шт.	доля от $z_H$
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	1,06	0,092	0,41	0,038	0,21	0,051
$B_H = a_t * t * k_{zn} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,77	8,82	0,816	2,68	0,652
$C_H = a_э * э * k_c * k_{нов}$	0,071	0,006	0,066	0,006	0,017	0,004
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,092	1,05	0,097	1,05	0,256
$E_H = t_{ТОиР} * c_{ТОиР} * k_{нов}$	0,46	0,04	0,46	0,043	0,15	0,037
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = z_H$	11,46	1	10,8	1	4,11	1
КПКІ	-		1,02		1,25	

Таблица 4.27 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для новых станков с учетом затрат на ТО и Р при работе в 2 смены

Элементы расходов на процесс	Новые станки							
	ЗН833 РФ		ЗМВ9817 China		Dalcen Machines-Denmark (Maxpreci) VCH 450		ROBBI SET150-L Italy	
	руб./шт.	доля от $z_H$	руб./шт.	доля от $z_H$	руб./шт.	доля от $z_H$	руб./шт.	доля от $z_H$
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	0,49	0,046	0,13	0,033	0,27	0,066	0,04	0,01
$B_H = a_t * t * k_{zn} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,821	2,68	0,677	2,68	0,654	2,68	0,693
$C_H = a_э * э * k_c * k_{нов}$	0,071	0,007	0,004	0,001	0,006	0,002	0,011	0,003
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,098	1,05	0,266	1,05	0,256	1,05	0,271
$E_H = t_{ТОиР} * c_{ТОиР} * k_{нов}$	0,3	0,028	0,09	0,023	0,09	0,022	0,09	0,023
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = z_H$	10,73	1	3,95	1	4,1	1	3,87	1
КПКІ	-		1,34		1,25		1,3	

Таблица 4.28 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для новых станков с ЧПУ с учетом затрат на ТО и Р при работе в 2 смены

Элементы расходов на процесс	Станки с ЧПУ							
	ЗК833 РФ		GENRING Z2-800-180 Germany		CC740 РФ		ROBBI SET 200 YUM/12 Italy	
	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	0,89	0,078	2,24	0,293	0,58	0,098	2,37	0,308
$B_H = a_t * t * k_{зн} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,771	3,94	0,514	3,94	0,669	3,94	0,511
$C_H = a_э * э * k_c * k_{нов}$	0,071	0,006	0,126	0,016	0,021	0,004	0,052	0,007
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,092	1,05	0,138	1,05	0,178	1,05	0,136
$E_H = t_{ТОиР} * c_{ТОиР} * k_{нов}$	0,61	0,053	0,3	0,039	0,3	0,051	0,3	0,038
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = z_n$	11,44	1	7,66	1	5,89	1	7,7	1
КПКІ	-		0,93		2,13		0,87	

Таблица 4.29– Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для подержанных станков с учетом затрат на ТО и Р при работе в 3 смены

Элементы расходов на процесс	Подержанные станки					
	ЗК833 РФ		ЗК83У РФ		NAGEL VS8-50Germany	
	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	1,06	0,092	0,41	0,038	0,21	0,051
$B_H = a_t * t * k_{зн} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,77	8,82	0,817	2,68	0,653
$C_H = a_э * э * k_c * k_{нов}$	0,071	0,006	0,066	0,006	0,017	0,004
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,092	1,05	0,096	1,05	0,255
$E_H = t_{ТОиР} * c_{ТОиР} * k_{нов}$	0,46	0,04	0,46	0,043	0,15	0,037
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = z_n$	11,46	1	10,8	1	4,1	1
КПКІ	-		1,02		1,25	

Таблица 4.30 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для новых станков с учетом затрат на ТО и Р при работе в 3 смены

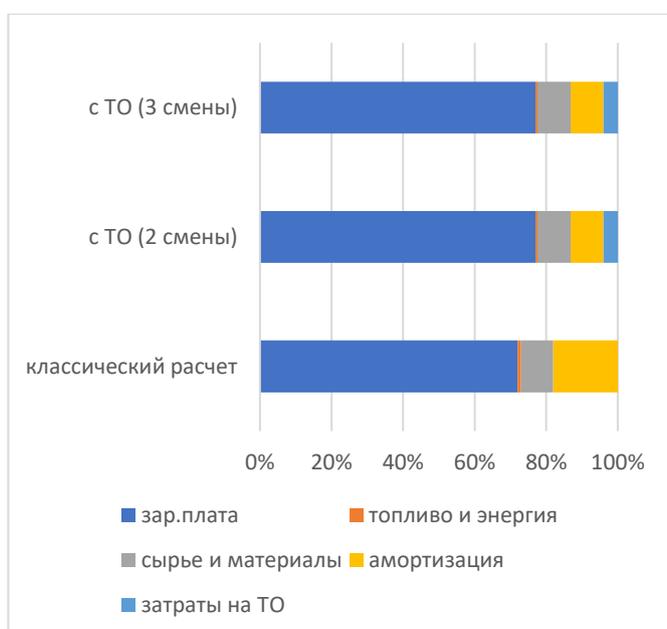
Элементы расходов на процесс	Новые станки							
	ЗН833 РФ		ЗМВ9817 China		Dalcan Machines-Denmark VCH 450		ROBBI SET150-L Italy	
	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	0,49	0,045	0,13	0,032	0,27	0,066	0,04	0,01
$B_H = a_t * t * k_{зн} * k_{нов} / K_{ум}$	8,82	0,806	2,68	0,67	2,68	0,644	2,68	0,682

$C_H = a_3 * \varepsilon * k_c * k_{нов}$	0,071	0,006	0,004	0,001	0,006	0,001	0,011	0,003
$D_H = a_M * M_n * k_{нов}$	1,05	0,096	1,05	0,261	1,05	0,253	1,05	0,267
$E_H = t_{TOuP} * c_{TOuP} * k_{нов}$	0,51	0,047	0,15	0,036	0,15	0,036	0,15	0,038
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = 3_H$	10,94	1	4	1	4,16	1	3,93	1
КПКІ	-		1,34		1,25		1,3	

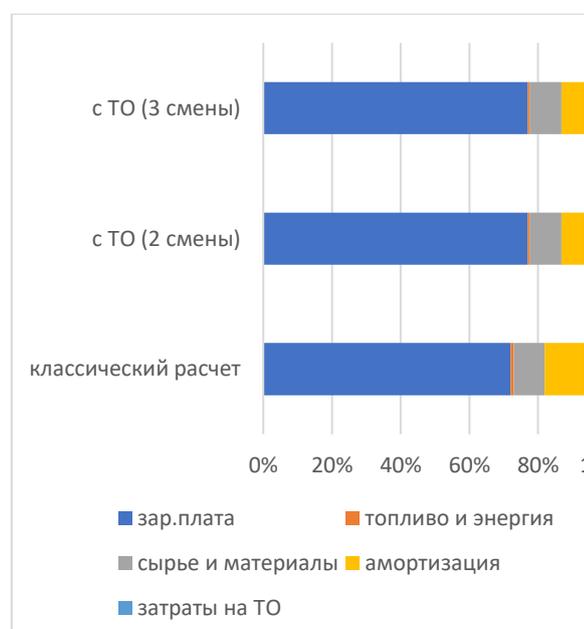
Таблица 4.31 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, для новых станков с ЧПУ с учетом затрат на ТО и Р при работе в 3 смены

Элементы расходов на процесс	Станки с ЧПУ							
	3K833 РФ		GEHRING Z2-800-180 Germany		CC740 РФ		ROBBI SET 200 YUM/12 Italy	
	руб./шт.	доля от 3н	руб./шт.	доля от 3н	руб./шт.	доля от 3н	руб./шт.	доля от 3н
$A_H = a_0 * M * k_M * k_{нов}$	0,89	0,076	2,24	0,286	0,58	0,095	2,37	0,301
$B_H = a_1 * t * k_{3н} * k_{нов} / k_{ум}$	8,82	0,751	3,94	0,505	3,94	0,646	3,94	0,501
$C_H = a_3 * \varepsilon * k_c * k_{нов}$	0,071	0,006	0,126	0,016	0,021	0,003	0,052	0,007
$D_H = a_M * M_n * k_{нов}$	1,05	0,089	1,05	0,135	1,05	0,172	1,05	0,133
$E_H = t_{TOuP} * c_{TOuP} * k_{нов}$	0,91	0,078	0,46	0,058	0,46	0,08	0,46	0,058
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = 3_H$	11,74	1	7,8	1	6,1	1	7,87	1
КПКІ	-		0,94		2,15		0,9	

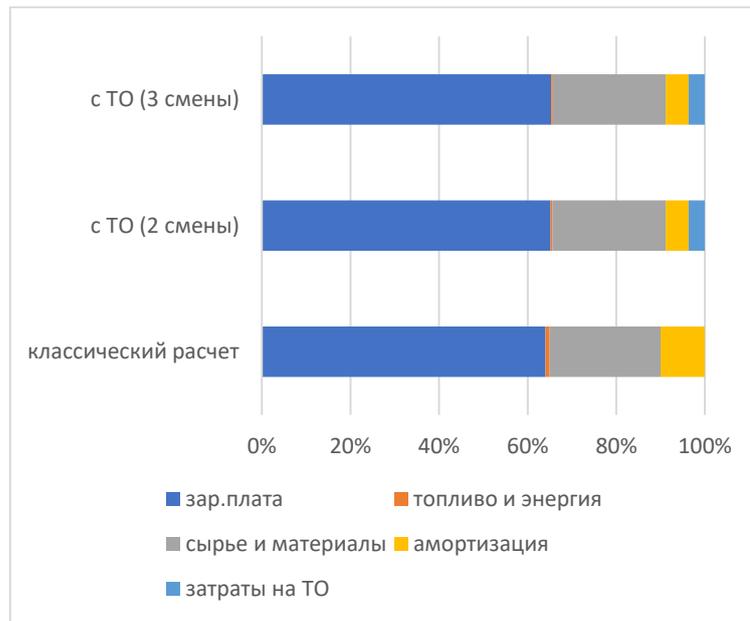
Результаты всех расчетов, представленных в таблицах 4.26 – 4.31, отобразим рисунками 4.9 - 4.11.



а) 3K833 РФ

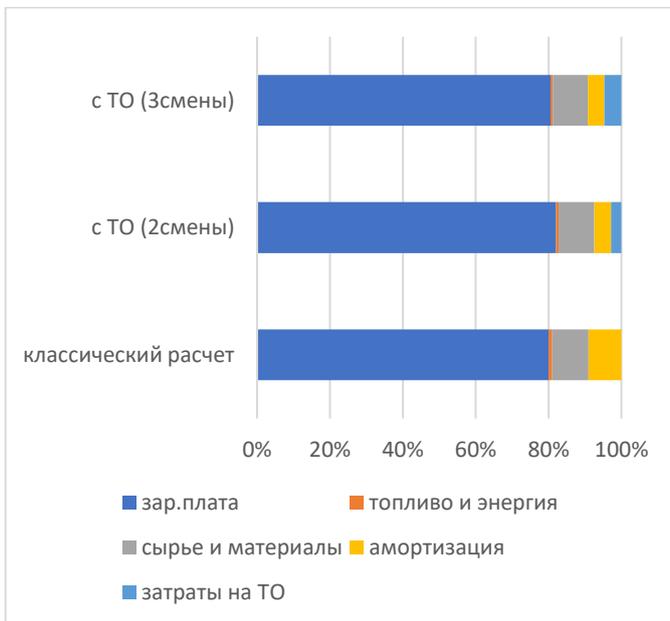


б) 3K83YU РФ

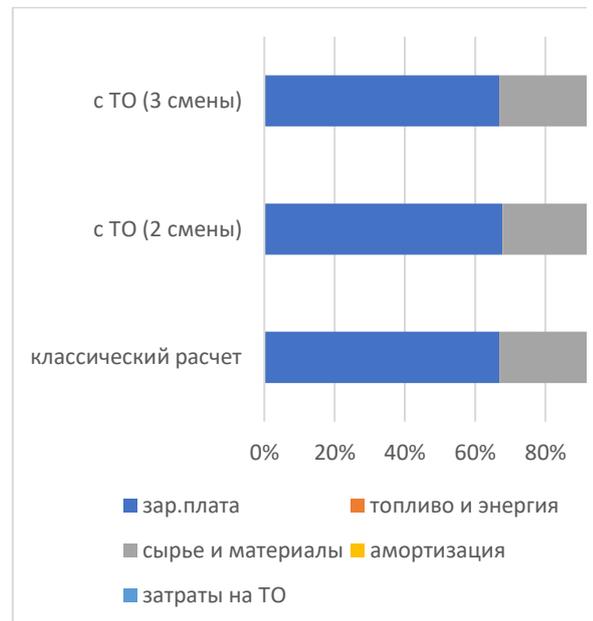


в) NAGEL VS8-50 Germany

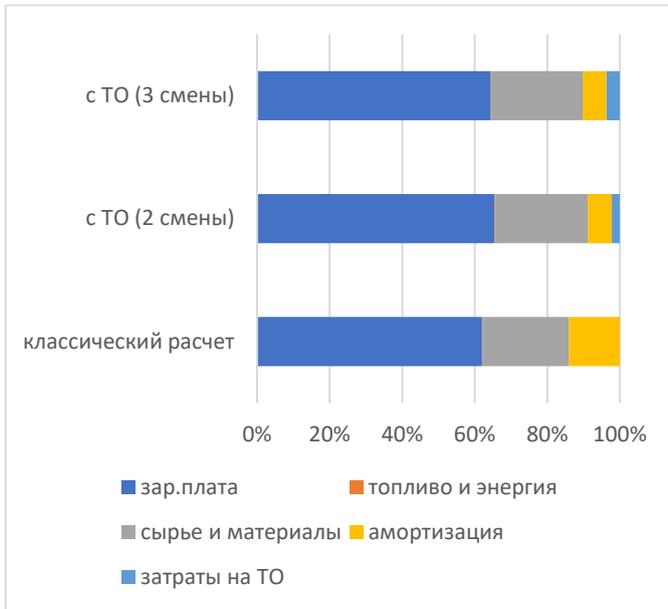
Рисунок 4.9 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, с учетом и без учета затрат на ТО и Р для подержанных станков



а) 3H833 РФ



б) 3MB9817 China

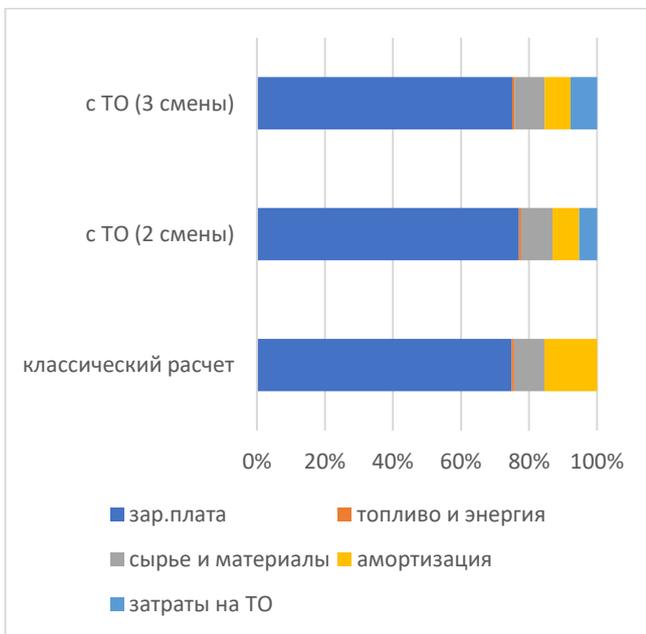


в) Dalcan Machines-Denmark  
(Maxpreci)  
VCH 450

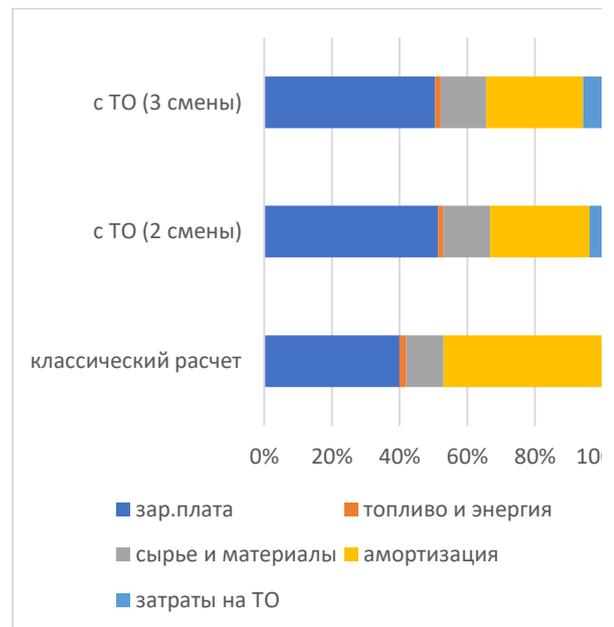


г) ROBBI SET150-L Italy

Рисунок 4.10 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, с учетом и без учета затрат на ТО и Р для новых станков



а) 3K833 РФ



б) GEHRING Z2-800-180 Germany

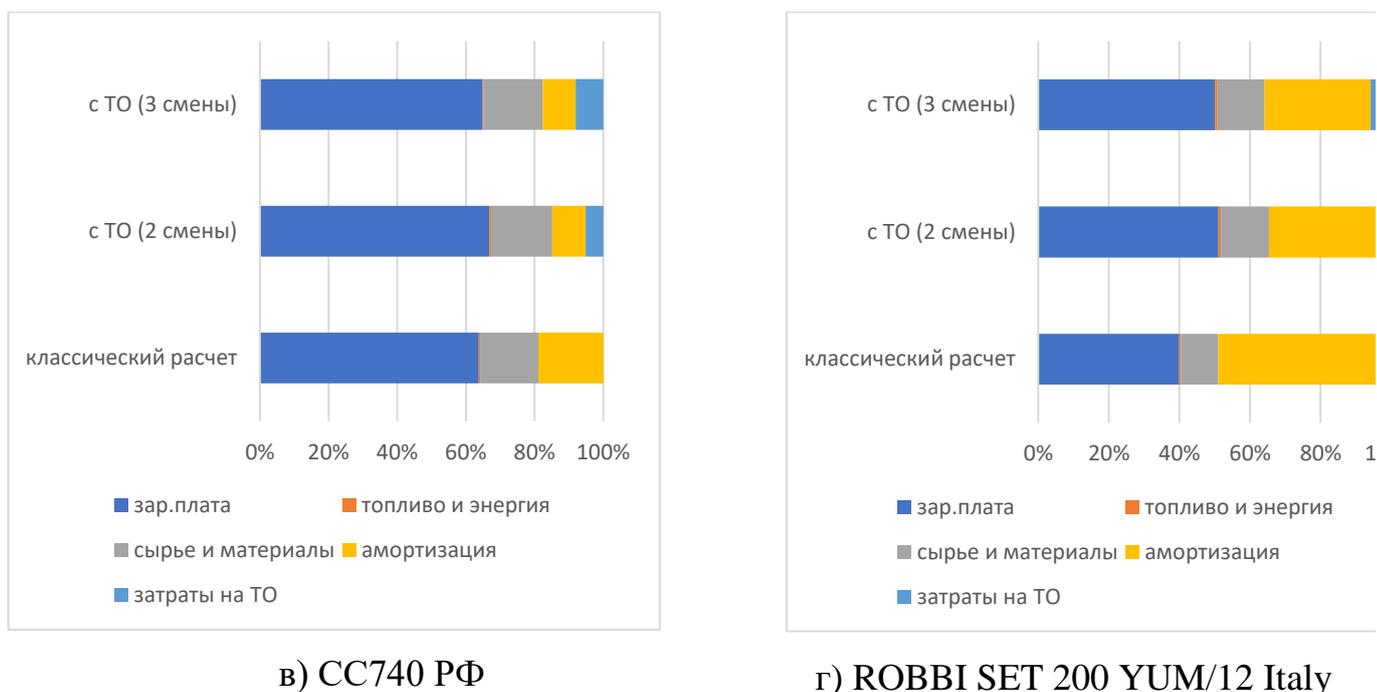


Рисунок 4.11 – Процентное соотношение частей, образующих ИПК, с учетом и без учета затрат на ТО и Р для новых станков с ЧПУ

Для определения долей затрат, которые оказывают влияние на ИПК, был применен параметрический метод расчета, и выявлено, что наибольшее влияние оказывает трудоемкость работ по обработке гильз, т.е. заработная плата рабочего. Для новых станков она составляет от 64,4 до 82,1 %, для станков с ЧПУ от 50,1 до 77,1 %.

На втором месте по влиянию на ИПК стоит амортизация, которая для новых станков составляет от 3,2 до 1 %, а для станков с ЧПУ от 7,8 до 30,8 %.

На третьем месте по влиянию на ИПК стоят затраты на ТО и Р, они составляют от 2,2 до 4,7 % для новых станков и от 3,8 до 8 % для станков с ЧПУ.

Расчетами подтверждается необходимость расчета трудоемкости работ и затрат на ТО и Р вертикально – хонинговальных станков, причем для каждого рассматриваемого станка коэффициент отношения этих затрат к стоимости станка получается разным и колеблется от 0,3 до 2,9 для станков без ЧПУ и от 0,12 до 2,5 для станков с ЧПУ.

Таким образом, установлено, что при финишной обработке гильз цилиндров двигателей ЯМЗ используется большая номенклатура вертикально-хонинговальных станков, которые работают в три смены. Наиболее целесообразно использовать станки с наиболее высоким ИПК, такие, как итальянский ROVVI SET150-L (0,25 шт./р.), датский Dalcan Machines-Denmark VCH 450 (0,24 шт./р.), китайский ЗМВ9817 (0,24 шт./р.). Из станков с ЧПУ наиболее рационально использовать отечественный СС740 (0,167 шт./р.), который по некоторым параметрам превосходит немецкие и итальянские модели с ЧПУ.

#### **4.6 Оценка качества станков в ремонтном производстве**

В России сельскохозяйственная техника работает в сложных условиях эксплуатации, сохраняется тенденция сокращения наличия парка машин. Сокращение техники в АПК возникает по целому ряду причин. Такими причинами являются: низкая надежность и технический уровень МТП, высокая степень износа и старения техники, высокая энергоемкость полевых работ.

В процессе эксплуатации наибольшее время простоя автомобилей вызвано тратой времени на ремонт ДВС, который является наиболее уязвимым агрегатом в сельском хозяйстве. На его обслуживание и ремонт уходят большие затраты времени и средств. 1/3 всех отказов в двигателе является выход из строя цилиндропоршневой группы деталей. А эта группа является одной из ресурсопределяющих характеристик двигателя внутреннего сгорания.

Соединение «поршень-гильза» - это соединение, которое подвергается наибольшему износу в ДВС. Поэтому для улучшения качества ремонта ДВС наиболее важной задачей является технология ремонта гильзы цилиндра. А подбор технологического оборудования одной из ключевой составляющей этой задачи.

Рассмотрим станки, применяемые и новые на ремонтных предприятиях АПК, характеристики станков сведем в таблицу 4.32.

Таблица 4.32 – Характеристики рассматриваемых станков

Показатели	Станки			
	ЗК833 РФ, базовый	ЗН833 РФ	ЗМВ9817 China	ЗК833 РФ с ЧПУ
Количество обрабатываемых гильз Р, шт./час.	18	18	60	18
Масса оборудования М, кг.	1519,9	1519,9	1001	1519,9
Стоимость оборудования Ц, р.	328311	919999	799998	1664755
Количество рабочих на операции хонингования L, чел.	1	1	1	1
Паспортная мощность электродвигателя W, кВт.	8,12	8,12	1,625	8,12
Нормируемый срок эксплуатации T <sub>сл</sub> , лет.	5	30	30	30

Для проведения анализа оценки ИПК и КПК станков произведем расчет с учетом затрат на ТО и Р, как отдельной составляющей. Расчет выполним для ремонтного предприятия и сравним с полученными данными для завода производителя. Полученные значения сведем в таблицу 4.36.

Старый станок ЗК833(РФ) за оставшийся срок службы (5 лет) пройдет:

один текущий ремонт трудоемкостью  $I_T = 36 \cdot 1 = 36$  чел.-ч;

5 ПрТО трудоемкостью  $I_{ПрТО} = 20 \cdot 5 = 100$  чел.-ч;

66 ПТО трудоемкостью  $I_{ПТО} = 8 \cdot 66 = 528$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{\text{ТОиР}} = I_k + I_T + I_{\text{ПрТО}} + I_{\text{ПТО}};$$

$$L_{\text{ТОиР}} = 36 + 100 + 528 = 664 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{\text{ТОиР}} = a_{\text{ТОиР}} \cdot L_{\text{ТОиР}};$$

$$a_{\text{ТОиР}} = 145 \text{ руб.} \cdot \text{нор}/\text{час};$$

$$SC_{\text{ТОиР}} = 145 \cdot 664 = 96280 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{\text{ТОиР}} / Ц;$$

$$K_p (\text{ЗК833 Россия (базовый)}) = 96280 : 328312 = 0,29.$$

Новые станки ЗН833(РФ) и ЗМВ9817(China) за срок службы 30 лет пройдут:

один капитальный ремонт трудоемкостью  $I_k = 250 \cdot 1 = 250$  чел.-ч;

5 текущих ремонтов трудоемкостью  $I_T = 36 \cdot 5 = 180$  чел.-ч;

33 ПрТО трудоемкостью  $I_{\text{ПрТО}} = 20 \cdot 33 = 660$  чел.-ч;

391 ПТО трудоемкостью  $l_{пто} = 8 \cdot 391 = 3128$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{тОиР} = l_k + l_T + l_{прто} + l_{пто};$$

$$L_{тОиР} = 250 + 180 + 660 + 3128 = 4218 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{тОиР} = a_{тОиР} \cdot L_{тОиР};$$

$$a_{тОиР} = 145 \text{ руб.} \cdot \text{нор/час};$$

$$SC_{тОиР} = 145 \cdot 4218 = 611610 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{тОиР} / Ц;$$

$$K_p (\text{ЗН833 РФ (новый)}) = 611610 : 920000 = 0,66.$$

$$K_p (\text{ЗМВ9817China (новый)}) = 611610 : 799998 = 0,76$$

Новый станок ЗК833(РФ)с ЧПУ за срок службы 30 лет пройдут:

1 капитальных ремонта трудоемкостью  $l_k = 440 \cdot 1 = 440$  чел.-ч;

7 текущих ремонтов трудоемкостью  $l_T = 66 \cdot 7 = 462$  чел.-ч;

32 ТО-4 трудоемкостью  $l_{то4} = 20 \cdot 32 = 640$  чел.-ч;

32 ТО-3 трудоемкостью  $l_{то3} = 16 \cdot 32 = 512$  чел.-ч;

288 ТО-2 трудоемкостью  $l_{то2} = 10 \cdot 288 = 2880$  чел.-ч;

360 ТО-1 трудоемкостью  $l_{то1} = 8 \cdot 360 = 2880$  чел.-ч.

Суммарная трудоемкость ТО и Р составит:

$$L_{тОиР} = l_k + l_T + l_{то4} + l_{то3} + l_{то2} + l_{то1};$$

$$L_{тОиР} = 440 + 462 + 640 + 512 + 2880 + 2880 = 7814 \text{ чел.-ч.}$$

Доля затрат на ТО и Р станков будет составлять:

$$SC_{тОиР} = a_{тОиР} \cdot L_{тОиР};$$

$$a_{тОиР} = 145 \text{ руб.} \cdot \text{нор/час};$$

$$SC_{тОиР} = 145 \cdot 7814 = 1133030 \text{ руб.}$$

$$K_p = SC_{тОиР} / Ц;$$

$$K_p (\text{ЗК833(РФ)с ЧПУ}) = 1133030 : 1664755 = 0,68.$$

Полученный расчет интегральных показателей качества станков, используемых на ремонтном предприятии (в диапазоне от 2 до 40 гильз в сутки) отобразим в таблице 4.33.

Таблица 4.33 – Значения частных показателей с Т<sub>О</sub> и Р при работе оборудования в 1 смену в ремонтном производстве

Показатели	Станки													
	ЗК833							ЗН833						
	Россия (базовый)							Россия (новый)						
	2	4	8	16	24	32	40	2	4	8	16	24	32	40
Количество гильз, шт./день														
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,507	0,253	0,127	0,063	0,042	0,032	0,025	0,084	0,042	0,021	0,011	0,007	0,005	0,004
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	4	2	1	0,5	0,33	0,25	0,2	4	2	1	0,5	0,33	0,25	0,2
Удельная энергоемкость $\varepsilon$ , кВт/шт.	6,91	3,46	1,73	0,86	0,58	0,43	0,35	6,91	3,46	1,73	0,86	0,58	0,43	0,35
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость Т <sub>О</sub> и Р <sub>Т<sub>О</sub> и Р</sub> , чел.-ч /шт	0,22	0,11	0,055	0,028	0,018	0,014	0,011	0,23	0,12	0,059	0,029	0,02	0,015	0,012
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	0,25	0,5	1	2	3	4	5	0,25	0,5	1	2	3	4	5
Себестоимость обработки $z$ , р./шт.	807,66	404,22	202,76	101,85	67,63	51,58	41,3	735,26	368,93	184,83	93,24	61,83	46,84	37,7
ИПК <sub>г</sub> , шт./р.	0,0012	0,0025	0,0049	0,01	0,015	0,019	0,024	0,0014	0,0027	0,0054	0,011	0,016	0,021	0,027
КПК <sub>г</sub>	-							1,11	1,13	1,16	1,18	1,21	1,24	1,26

Показатели	Станки													
	3МВ9817							3К833						
	China (новый)							РФ с ЧПУ (новый)						
Количество гильз, шт./день	2	4	8	16	24	32	40	2	4	8	16	24	32	40
Удельная материалоемкость $m$ , кг/шт	0,056	0,028	0,014	0,007	0,005	0,003	0,0027	0,084	0,042	0,021	0,011	0,007	0,005	0,004
Удельная трудоемкость $t$ , чел.-ч/шт.	4	2	1	0,5	0,33	0,25	0,2	4	2	1	0,5	0,33	0,25	0,2
Удельная энергоемкость $\varepsilon$ , кВт/шт.	1,38	0,69	0,346	0,173	0,115	0,086	0,069	6,91	3,46	1,73	0,86	0,58	0,43	0,35
Удельная материалоемкость ПВМ $m_{п}$ , ед./шт.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Удельная трудоемкость ТОиР $t_{ТОиР}$ , чел.-ч /шт	0,23	0,12	0,059	0,029	0,02	0,015	0,012	0,434	0,217	0,109	0,054	0,036	0,027	0,022
Производительность труда $P_T=1/t$ , шт./чел.-ч.	0,25	0,5	1	2	3	4	5	0,25	0,5	1	2	3	4	5
Себестоимость обработки $z$ , р./шт.	724,15	362,6	181,9	91,4	61,2	45,8	37,15	818,16	409,61	205,4	103,84	68,6	51,7	41,68
ИПК $g$ , шт./р.	0,0014	0,0028	0,0055	0,0109	0,0163	0,0218	0,0269	0,0012	0,0025	0,0049	0,0096	0,0146	0,019	0,024
КПК $I$	1,11	1,14	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25	1	1	1	1	1	1	1



коэффициент учета затрат ТО и Р технологического оборудования для каждого рассмотренного станка на ремонтном предприятии.

Таблица 4.34 – Значения коэффициента на ТО и Р на ремонтном предприятии

Станки	Коэффициент $k_p$	
	применяемый	1 смены с ТО и Р
<b>Станок подержанный (базовый):</b>		
ЗК833 (РФ)	2,04	0,29
<b>Станки новые:</b>		
ЗН833 (РФ)	2,04	0,66
ЗМВ9817 (China)		0,76
<b>Станок новый с ЧПУ:</b>		
ЗК833 (РФ)	2,04	0,68

Из всего выше сказанного и анализа состояния ремонтных предприятий АПК следует, что предприятие затрачивает большие средства на поддержание работоспособности сельскохозяйственной техники из-за ее низкого качества и надежности. Выполняемые предприятиями работы по ТО и Р - низкорентабельны. А в результате расчета и сравнения интегральных показателей качества получено, что ИПК станков в машиностроительном производстве значительно выше, чем в ремонтном. Следовательно, целесообразнее не выполнять ремонт, а заменить соединение «поршень-гильза», которое предлагает завод - изготовитель, что технически и экономически более выгодно. При этом не нужно будет приобретать вертикально – хонинговальный станок, организовывать дополнительную производственную площадь и нанимать высококвалифицированного рабочего с возможными претензиями по величине заработной платы из-за низкой загрузки работой. Не следует забывать и о дальнейших работах по селективному подбору поршня к гильзе, измерительная операция которого должна выполняться с высокой точностью и обеспечивать заданную долговечность. Да и качество массового производства не сравнится с качеством мелкосерийного. Из рисунков 4.12 и 4.13 видно, что интегральные показатели качества финишной обработки гильз цилиндров в ремонтном производстве и в машиностроении отличаются в 10

раз, что свидетельствует о значительной эффективности процессов массового производства от мелкосерийного по величинам ИПК и КПК.

С другой стороны, в ряде случаев возможно, что быстрый ремонт на месте будет более целесообразен, чем заказ комплектов со склада завода изготовителя. В этом случае все решает величина потерь от простоя сельскохозяйственной техники, причем это особенно актуально в момент полевых работ, когда сроки их выполнения напрямую влияют на будущий доход предприятия.

Определены коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт к стоимости станка, которые для ремонтного производства оказались в диапазоне от 0,29 до 0,76 (таблица 4.34), а для условий производства их диапазон составил от 0,4 до 2,5 (таблица 4.22), что свидетельствует о существенной значимости работ по ТО и Р станков в общих затратах на процесс. Рекомендованное значение коэффициента 2,04, применяемое в классических методах расчета интегрального показателя качества использовать нецелесообразно, т.к. это будет искажать реальные значения. При определении ИПК для каждого станка необходимо проводить отдельный расчет периодичности и трудоемкости работ по ТО и Р в зависимости от нормируемого срока службы по предлагаемой методике.

Используем данные из таблицы 4.33 для оценки качества станков параметрическим методом. Зададимся количеством обрабатываемых гильз цилиндров в диапазоне от двух до 40 гильз в сутки. Полученные доли затрат сведем в таблицу 4.35.

Таблица 4.35 – Доли затрат для рассматриваемых станков с учетом ТО и Р работа оборудования в 1 смену при ремонте

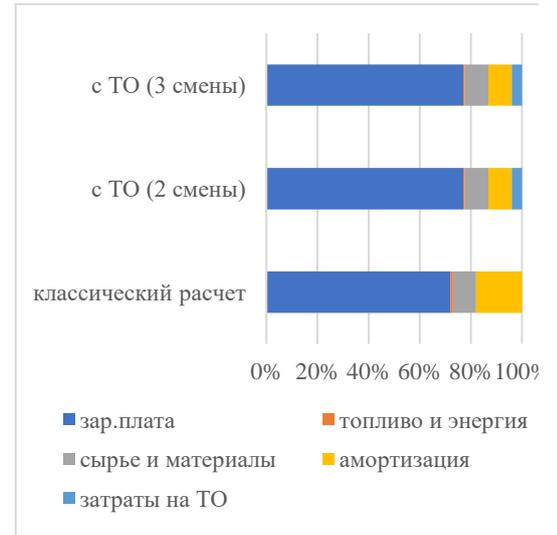
Элементы расходов на процесс	Станок 3К833 Россия, показатели при количестве обрабатываемых гильз цилиндров в сутки													
	2		4		8		16		24		32		40	
	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	137,98	0,171	68,85	0,17	34,55	0,171	17,15	0,169	11,43	0,169	8,7	0,169	6,8	0,165
$B_H = a_t * t * k_{зп} * k_{нов} / k_{ум}$	630	0,78	315	0,779	157,5	0,777	78,75	0,773	51,98	0,769	39,38	0,763	31,5	0,763
$C_H = a_э * Э * k_c * k_{нов}$	5,13	0,006	2,57	0,006	1,28	0,006	0,64	0,006	0,43	0,006	0,32	0,006	0,26	0,006
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,001	1,05	0,003	1,05	0,005	1,05	0,01	1,05	0,016	1,05	0,02	1,05	0,025
$E_H = t_{ТОиР} * C_{ТОиР} * k_{нов}$	33,5	0,041	16,75	0,041	8,38	0,041	4,26	0,042	2,74	0,04	2,13	0,042	1,68	0,041
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = z_n$	807,66	1	404,22	1	202,76	1	101,85	1	67,63	1	51,58	1	41,29	1
КПКІ	-													
Элементы расходов на процесс	Станок 3Н833 Россия													
	2		4		8		16		24		32		40	
	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./шт.	доля от з <sub>н</sub>
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	64,06	0,087	32,04	0,087	16,02	0,087	8,39	0,09	5,33	0,086	3,81	0,081	3,06	0,081
$B_H = a_t * t * k_{зп} * k_{нов} / k_{ум}$	630	0,857	315	0,854	157,5	0,852	78,75	0,845	51,98	0,841	39,38	0,841	31,5	0,836
$C_H = a_э * Э * k_c * k_{нов}$	5,13	0,007	2,57	0,007	1,28	0,007	0,64	0,007	0,43	0,007	0,32	0,007	0,26	0,007
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,001	1,05	0,003	1,05	0,006	1,05	0,011	1,05	0,017	1,05	0,022	1,05	0,028
$E_H = t_{ТОиР} * C_{ТОиР} * k_{нов}$	35,02	0,048	18,28	0,049	8,99	0,049	4,41	0,047	3,05	0,049	2,29	0,049	1,83	0,049
$A_H + B_H + C_H + D_H + E_H = z_n$	735,26	1	368,94	1	184,84	1	93,24	1	61,84	1	46,85	1	37,7	1
КПКІ	1,05		1,05		1,05		1,05		1,05		1,05		1,05	

Элементы расходов на процесс	Станок 3МВ9817 China (новый)													
	2		4		8		16		24		32		40	
	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	56,45	0,078	28,22	0,078	14,11	0,078	7,06	0,078	5,04	0,083	3,02	0,066	2,72	0,074
$B_H = a_t * t * k_{зп} * k_{нов} / k_{ум}$	630	0,87	315	0,869	157,5	0,866	78,75	0,862	51,98	0,849	39,38	0,86	31,5	0,848
$C_H = a_э * э * k_c * k_{нов}$	1,02	0,001	0,51	0,001	0,26	0,001	0,13	0,001	0,09	0,001	0,064	0,001	0,05	0,001
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,002	1,05	0,003	1,05	0,006	1,05	0,011	1,05	0,017	1,05	0,023	1,05	0,028
$E_H = t_{ТОиР} * c_{ТОиР} * k_{нов}$	35,63	0,049	17,81	0,049	8,98	0,049	4,42	0,048	3,05	0,05	2,28	0,05	1,83	0,049
$A_H + B_H + C_H + D_H +$ $E_H = z_n$	724,15	1	362,6	1	181,9	1	91,4	1	61,2	1	45,8	1	37,15	1
КПКІ	1,4		1,4		1,4		1,4		1,4		1,4		1,4	
Элементы расходов на процесс	Станок 3К833 РФ с ЧПУ (новый)													
	2		4		8		16		24		32		40	
	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>	руб./ шт.	доля от з <sub>н</sub>
$A_H = a_o * M * K_M * K_{нов}$	115,89	0,142	57,95	0,141	28,97	0,141	15,18	0,147	9,66	0,141	6,9	0,133	5,52	0,133
$B_H = a_t * t * k_{зп} * k_{нов} / k_{ум}$	630	0,77	315	0,769	157,5	0,767	78,75	0,758	51,98	0,758	39,38	0,762	31,5	0,756
$C_H = a_э * э * k_c * k_{нов}$	5,13	0,006	2,57	0,006	1,28	0,006	0,64	0,006	0,43	0,006	0,32	0,006	0,26	0,006
$D_H = a_m * M_n * k_{нов}$	1,05	0,001	1,05	0,003	1,05	0,005	1,05	0,01	1,05	0,015	1,05	0,02	1,05	0,025
$E_H = t_{ТОиР} * c_{ТОиР} * k_{нов}$	66,08	0,081	33,04	0,081	16,6	0,081	8,22	0,079	5,48	0,08	4,11	0,079	3,35	0,08
$A_H + B_H + C_H + D_H +$ $E_H = z_n$	818,156	1	409,61	1	205,4	1	103,84	1	68,6	1	51,7	1	41,68	1
КПКІ	1,02		1,02		1,02		1,02		1,02		1,02		1,02	

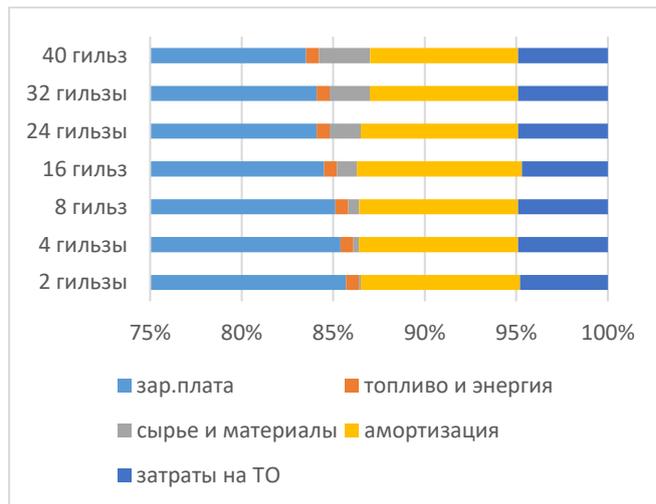
Результаты всех расчетов, представленных в таблицах 4.35 и 4.26- 4.31 отобразим рисунками 4.14 - 4.15.



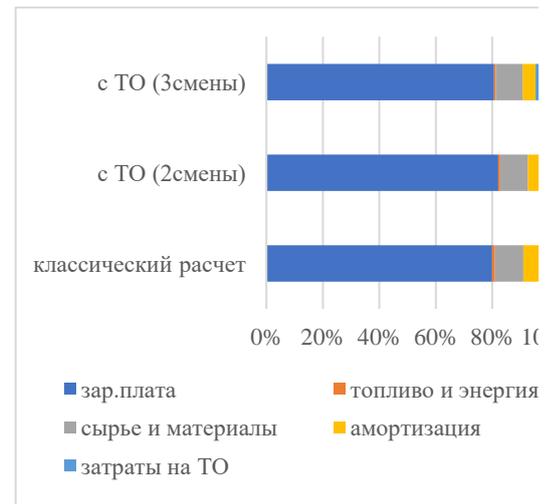
а) 3K833 РФ



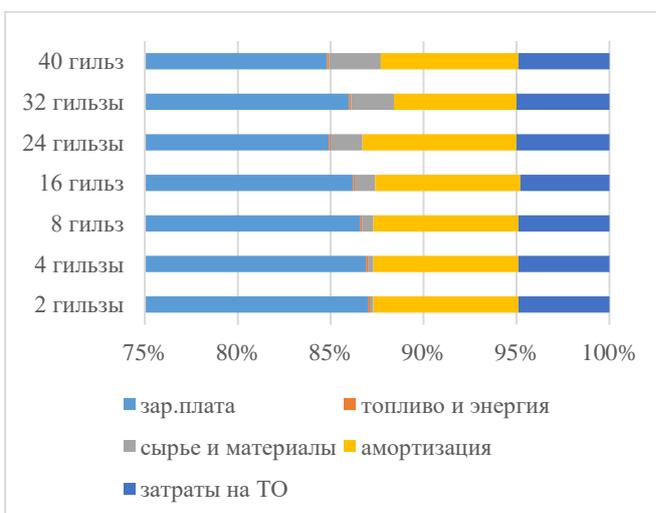
а) 3K833 РФ



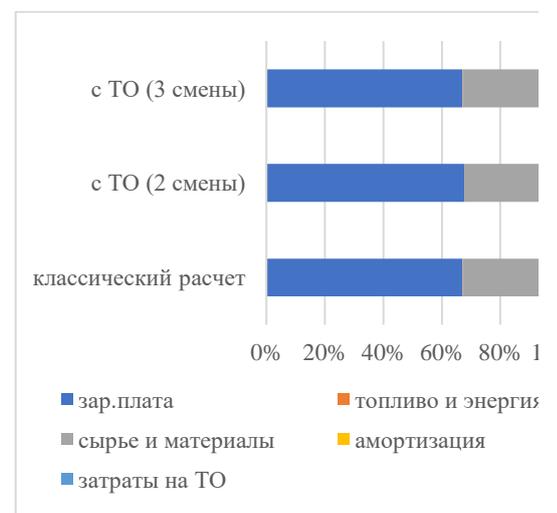
б) 3H833 РФ



б) 3H833 РФ



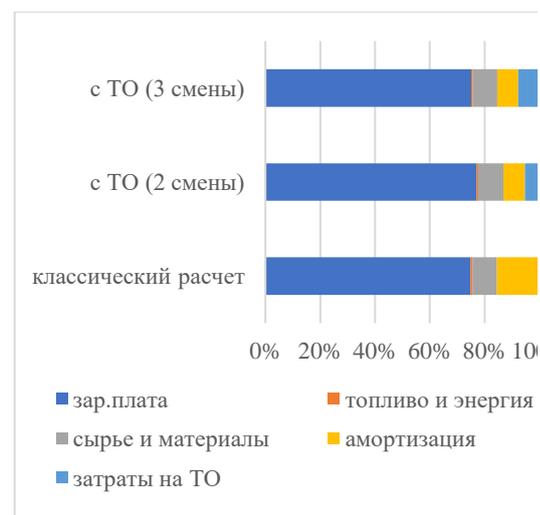
в) 3MB9817 China



в) 3MB9817 China



с) ЗК833 РФ с ЧПУ

Рисунок 4.14 – Доли затрат при  
ремонте

с) ЗК833 РФ с ЧПУ

Рисунок 4.15 – Доли затрат при  
производстве

Выявлено, что наибольшее влияние оказывает трудоемкость работ по обработке гильз (как и для производства), т.е. заработная плата рабочего. Для нового и старого станков она составляет от 79,3 до 85,7 %.

На втором месте по влиянию на ИПК стоит амортизация, которая для нового и старого станков составляет от 8,1 до 17,1 %.

На третьем месте по влиянию на ИПК стоят затраты на ТО и Р, они составляют от 4 до 4,9 % для нового и старого станков.

При использовании отечественных станков ЗК833, ЗН833 в ремонтном производстве установлено, что ИПК, при ремонте 40 гильз в день, получается значительно ниже и составляет для станка ЗК833 всего 0,024шт./р., а для ЗН833 равен 0,027 шт./р.

#### 4.7 Выводы

1. Микрометраж новых гильз цилиндров двигателей ЯМЗ показал, что все размеры и отклонения формы находятся в заданных пределах  $\varnothing 130^{+0,06}$ . И новые гильзы цилиндров Д-144 так же находятся в заданных пределах  $\varnothing 105^{+0,06}$ . Микрометраж изношенных гильз цилиндров показал, что практически 90% гильз

цилиндров будут выбракованы из-за превышения границы допустимого износа. Рекомендовано контролировать гильзы цилиндров в верхнем сечении в плоскости качания шатуна, где наблюдается наибольший износ.

2. Оценка качества гильз цилиндров двигателей ЯМЗ, входящих в комплекты для ремонтного производства, с помощью гистограмм и контрольных карт Шухарта показала, что рассеяние диаметров гильз удовлетворяет требованиям по качеству, оборудование имеет хороший уровень настроенности, а процент брака составляет менее 0,6%. Оценка качества финишной обработки гильз в ремонтном производстве для двигателей Д-144 показала, что процесс менее точен, наблюдается разброс показателей и возникает исправимый брак - 6%, но это не оказывает влияния на общий 100% выход годных изделий на сборку.

3. В результате расчета интегрального показателя качества по разработанной методике выявлено, что при использовании отечественных станков ЗК833 и ЗН833, а также китайского ЗМВ9817 в ремонтном производстве (Д-144) интегральный показатель качества при обработке 40 гильз в день, составляет 0,024шт./р. для станка ЗК833 и 0,027 шт./р. для ЗН833 и ЗМВ9817. Для условий производства ремкомплектов (ЯМЗ) установлено, что для финишной обработки гильз цилиндров используется большая номенклатура вертикально-хонинговальных станков, и наиболее целесообразно использовать станки следующих марок: итальянский ROBBI SET150-L (0,25 шт/р.), датский Dalcan Machines-Denmark VCH 450 (0,24 шт./р.), китайский ЗМВ9817 (0,24 шт./р.). Из станков с ЧПУ наиболее рационально использовать отечественный СС740 (0,167 шт./р.), который по некоторым параметрам превосходит немецкие и итальянские модели с ЧПУ. Определены коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт к стоимости станка, которые для ремонтного производства оказались от 0,2 до 0,76, а для условий производства их диапазон составил от 0,4 до 2,5.

## 5 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

### 5.1 Расчет технико-экономической эффективности

Оценка экономической эффективности от внедрения результатов исследования проводилась для предприятия АО «Костромской завод автокомпонентов» (г. Кострома).

На заводе имеются подержанные станки Российского и зарубежного производства. Был произведен расчет и анализ имеющихся хонинговальных станков, дана оценка качества этих станков и предложены несколько новых простых станков и с ЧПУ. Также определили экономический эффект от применения предложенных нами новых станков. За базовые станки принимаем подержанный станок 3K833 (РФ), новый станок 3H833 (РФ) и станок 3K833 с ЧПУ (РФ) имеющиеся на предприятии.

Экономия от применения нового станка за один год работы определяем по формуле [77]:

$$\mathcal{E} = (I - 1) \cdot Z \cdot P \cdot \Phi_{до}, \quad (5.1)$$

где  $Z$  - произведения ресурсоемкости и расценки данного вида ресурса на единицу продукции (шт./руб.).

Коэффициент эффективности капитальных вложений предприятия в новую технику определим по формуле,  $E_H$  – нормативный коэффициент [74]

$$E = \mathcal{E} / K, \quad (5.2)$$

где  $K$  – капитальные вложения, руб.

Капитальные вложения рассчитываем по формуле:

$$K = C \cdot k_M, \quad (5.3)$$

где  $C$  – стоимость станка, руб.;  $k_M$  – коэффициент учета затрат на доставку, монтаж и пуско-наладочные работы технологического оборудования.

Срок окупаемости капитальных вложений [76]

$$T_o = K / \mathcal{E}. \quad (5.4)$$

Расчеты технико-экономического уровня(ТЭУ) и ИПК с ТО и Р при условии работы оборудования в 3 смены для подержанных станков, новых станков и новых станков с ЧПУ для производства сведем в таблицы 5.1

Таблица 5.1 – Показатели эффективности вертикально-хонинговальных станков при работе оборудования в 3 смены на производстве гильз для ремкомплектов (ЯМЗ-238)

Показатели	Новые станки				Станки с ЧПУ			
	3Н833 РФ	3МВ9817	VCH 450	150-L	3К833 РФ	Z2- 800- 180	СС740 РФ	200 YUM/12
Себестоимость обработки з, р./шт.	10,95	4	4,16	3,93	11,75	7,82	6	7,87
ИПК g, шт./р.	0,091	0,25	0,24	0,254	0,085	0,128	0,167	0,127
ТЭУ I	базовый	2,75	2,64	2,79	базовый	1,5	1,96	1,49
Срок окупаемости, лет	-	0,26	0,6	0,79	-	8,17	1,4	8,74

Для условий массового производства ремкомплектов наиболее рентабельны станки 3МВ9817 (Китай) и СС740 (РФ), отличающиеся низкой стоимостью, таблица 5.1.

Так же расчеты технико-экономического уровня (ТЭУ) и ИПК с ТО и Р для ремонтного предприятия сведем в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 –Динамика показателей эффективности вертикально-хонинговальных станков при финишной обработке гильз цилиндров под ремонтный размер (Д-144)

Показатели	Станки							
	3Н833 (РФ)							
Количество гильз, шт./день	2	4	8	16	24	32	40	
Себестоимость обработки з, р./шт.	735,26	368,93	184,83	93,24	61,83	46,84	37,7	
ИПК g, шт./р.	0,0014	0,0027	0,0054	0,011	0,016	0,021	0,027	
ТЭУ I	1,11	1,13	1,16	1,18	1,21	1,24	1,26	
Срок окупаемости, лет	22,18	19,18	15,55	13,7	11,81	10,23	9,4	
	3МВ9817 (Китай)							
Количество гильз, шт./день	2	4	8	16	24	32	40	
Себестоимость обработки з, р./шт.	724,15	362,6	181,9	91,4	61,2	45,8	37,15	
ИПК g, шт./р.	0,0014	0,0028	0,0055	0,0109	0,0163	0,0218	0,0269	

ТЭУ I	1,11	1,14	1,17	1,19	1,21	1,23	1,25
Срок окупаемости, лет	20,09	15,76	12,94	11,38	10,37	9,49	8,6

Установлено, что в условиях ремонтного производства покупка новых станков ЗН833 (РФ) и ЗМВ9817 (Китай) экономически целесообразна, а технологический процесс будет рентабельным даже при условии обработки четырех гильз в сутки, таблица 5.2, так как срок окупаемости капитальных вложений будет меньше 15 лет.

Проблема импортозамещения решается использованием вертикально-хонинговальных станков из Китая и России, которые по комплексному показателю «цена – качество» превосходят европейские модели. При одинаковой точности и производительности выигрыш происходит из-за низкой стоимости самого станка, низкой стоимости запасных частей и их более быстрой доставки в современных условиях (меньше времени простоя оборудования).

Таким образом, предлагаемая методика оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров с помощью контрольных карт, гистограмм и интегрального показателя качества, может считаться окончательно разработанной, апробированной и внедренной. С ее помощью можно обосновать рациональность использования применяемого и приобретаемого оборудования, а также сократить потери ремонтного предприятия на переоснащение и эксплуатацию технической базы.

## 5.2 Выводы

1. Расчет и анализ параметров предложенных станков показал, что покупка нового технологического оборудования экономически выгодна для производства, о чем свидетельствует значение технико-экономического уровня, коэффициенты эффективности капитальных вложений и сроки их окупаемости.

2. Для ремонтного предприятия выгодно ремонтировать свыше 4 штук гильз цилиндров в день, но технологический процесс будет рентабельным даже

при условии обработки четырех гильз в сутки, если приобретать новые станки 3Н833(РФ) и 3МВ9817(China).

3. Оценка технико-экономического уровня станков показала, что по сравнению с базовым станком 3Н833 покупка новых станков для производства выгодна. У всех станков разный ТЭУ и разный срок окупаемости, но рассмотрев все показатели завод может сам выбрать наиболее подходящий для него станок по необходимым критериям. Проблема импортозамещения решается использованием станков из Китая и России, которые не уступают по качеству европейским моделям.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложена методика расчета качества технологического процесса финишной обработки деталей с использованием удельных показателей ресурсоемкости, таких как материалоемкость применяемого оборудования, трудоемкость работ на оборудовании, энергоемкость оборудования, а также трудоемкость технического обслуживания и ремонта станков.

Определены коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт к стоимости станков, которые для ремонтного производства оказались в пределах от 0,2 до 0,76, а для условий производства их диапазон составил от 0,4 до 2,5, что подтверждает нецелесообразность использования рекомендованного универсального значения коэффициента 2,04, применяемого в классических методах расчета.

2. Оценка качества финишной обработки гильз цилиндров двигателей Д-144, обработанных под ремонтный размер, показала, что процесс по точности не стабилен, наблюдается разброс размеров и возникает исправимый брак - 6%, но это не оказывает влияния на общий 100% выход годных изделий на сборку. Оценка качества гильз цилиндров двигателей ЯМЗ, входящих в комплекты, показала, что рассеяние диаметров гильз удовлетворяет требованиям по качеству, комплекты формируются по первым двум группам селекции, третья группа находится в резерве.

3. В результате расчета интегрального показателя качества по разработанной методике выявлено, что в ремонтном производстве (Д-144), интегральный показатель качества при обработке 40 гильз в день составляет 0,024 шт./руб. для процесса обработки на станке ЗК833 (РФ) и 0,027 шт./руб. для станков ЗН833 (РФ) и ЗМВ9817 (Китай). Для условий производства ремкомплектов (ЯМЗ) установлено, что наиболее целесообразно использовать станки: ROVBI SET150-L (Италия) - 0,25 шт./руб., Dalcan Machines-Denmark VCH 450 (Дания) - 0,24 шт./руб. и ЗМВ9817 (Китай) - 0,24 шт./руб. Из станков с ЧПУ – СС740 (РФ) - 0,17 шт./руб. Интегральные показатели качества процесса

финишной обработки гильз цилиндров в ремонтном производстве и в машиностроении отличаются в 10 раз, но этот факт не отрицает возможности реализации на ремонтном предприятии данного процесса.

4. Оценка экономической эффективности процесса финишной обработки гильз цилиндров в ремонтном производстве показала, что покупка новых станков ЗН833 (РФ) и ЗМВ9817 (Китай) целесообразна, а технологический процесс будет рентабельным при программе обработки от четырех гильз в сутки. Для условий производства ремкомплектов наиболее рентабельны станки ЗМВ9817 (Китай) и СС740 (РФ), отличающиеся низкой стоимостью.

### **Рекомендации производству**

Для повышения эффективности применения вертикально-хонинговальных станков необходимо учитывать удельную трудоемкость ТО и Р станков. Предложенная методика оценки качества технологического оборудования для ремонта деталей сельскохозяйственной техники с помощью интегрального показателя позволяет сократить потери на переоснащение и эксплуатацию технической базы, а также снизит себестоимость технологического процесса.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Исследования следует продолжить для специализированного металлорежущего оборудования – станков для обработки коленчатых валов различных двигателей для условий обработки их под ремонтный размер на предприятиях технического сервиса АПК

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Авдудевский, В. С. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т./ Ред. совет: В. С. Авдудевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1989. Т.7. Качество и надежность в производстве / Под ред. И. В. Апполонова – 280 с.
2. Агропромышленный комплекс России в 2015 году / Н.А. Чернецова, Е.Б. Киселева. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – С. 704.
3. Апполонов, И. В. Надежность невосстанавливаемых систем однократного применения / И. В. Апполонов, Н. А. Северцев. – М.: Машиностроение, 1977. – 212 с.
4. Анализ видов и последствий потенциальных отказов. FMEA. Справочное руководство. Перевод с англ. - Н. Новгород: СМЦ Приоритет, 2003. - 86 с.
5. 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.
6. Антонова, У.Ю. Обоснование методов и средств контроля качества при ремонте соединения «поршень – гильза»: дисс. канд. техн. наук: 05.20.03 / Антонова Ульяна Юрьевна. – М., 2019. – 159 с.
7. 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.
8. Анализ инфраструктуры технического сервиса в АПК: литературный обзор // Аналитическая справка. -п. Правдинский: ФГНУ Росинформагротех. - 2003. - 30 с.
9. Анализ состояния ремонтной базы, динамика и структура затрат на ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственных машин. - М.: ГОСНИТИ, 1990. - 128 с.

10. 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.

11. Бондарева, Г.И. Построение современной системы качества на предприятиях технического сервиса / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов // Сельский механизатор. – 2017. – №8. – С.34-35.

12. Буклагин Д.С. Обеспечение работоспособности машин в малых формах хозяйствования: литературный обзор/ Д. С. Буклагин, И. Г. Голубев // Аналитическая справка. - п. Правдинский: ФГНУ "Росинформагротех". - 2006. - 28 с.

13. Буклагин, Д. С. Технический уровень сельскохозяйственной техники / Д. С. Буклагин. – М.: НИИТЭИагропром, 1993. – 112 с.

14. Бурак, П.И. Состояние и перспективы обновления парка сельскохозяйственной техники / П.И. Бурак, И.Г. Голубев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 10 (268). – С. 2-5.

15. Величко, С.А. Основы организации технического сервиса в агропромышленном комплексе / С.А. Величко, И.Н. Кравченко, Ю.А. Кузнецов, А. В. Коломейченко, А.Г. Пастухов, В.М. Корнеев, Е.П. Парлюк, В.В. Гончаренко, Б.А. Богачев, А.В. Бондарев, А.С. Новицкий // Учебник – Москва – 2022.

16. Воронин, Г. П. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. Стандартизация и сертификация в машиностроении. Т. I-5 / Г. П. Воронин, Ж. Н. Буденная, И. А. Коровкин и др. Под общ. ред. Г. П. Воронина. – 2000. – 656 с.

17. Гайдар, С.М. Планирование и анализ эксперимента: учебник. – М.: изд-во ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 548 с.

18. Голиницкий, П.В. Разработка процедуры управления внутренней документацией для промышленного предприятия / П.В. Голиницкий, Ю.Г. Вергазова, У.Ю. Антонова // Компетентность. – 2018. – 7 (158). – С. 20- 25.

19. Голиницкий, П.В. Измерение и контроль деталей транспортных и транспортно-технологических комплексов / П.В. Голиницкий, С.К. Тойгамбаев // Учебное пособие. – Компания спутник+. 2018. – 154 с.

20. Голубев, И.Г. Технологические процессы ремонтного производства Учебное пособие (3-е издание) / И.Г. Голубев, В.М. Тараторкин // Москва. – 2019. – 304 с.

21. Голубев, И.Г. Система технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин и механизмов/ И.Г. Голубев, В.М. Тараторкин // Издательство «Академия». – М.:– 2017. с. 384.

22. Гличев, А.В. Основы управления качеством продукции / А.В. Гличев. – М.: РИА Стандарты и качество, 2001. – 120 с.

23. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1979.

24. ГОСТ 24297-87 Входной контроль продукции. Основные положения. – М.: Стандартиформ, 2009.

25. ГОСТ Р ИСО 9001-2001. Система менеджмента качества. Требования. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 26 с.

26. ГОСТ Р ИСО 9004-2001. Система менеджмента качества Рекомендации по улучшению деятельности. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 44 с.

27. ГОСТ Р 51814.5–2005. Системы менеджмента качества в автомобилестроении. Анализ измерительных и контрольных процессов. – М.: Стандартиформ, 2005.

28. ГОСТ 52778-2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Стандартиформ, 2008. – 24 с.

29. ГОСТ Р ИСО 7870–1–2011. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 1. Общие принципы. – М.: Стандартиформ, 2012.

30. ГОСТ Р ИСО 7870–3–2013. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 3. Приемочные контрольные карты. – М.: Стандартиформ, 2016.

31. ГОСТ Р ИСО 7870–2–2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. – М.: Стандартиформ, 2016.

32. Данные региональных дилеров о сроках устранения неисправностей. – М.: Росагролизинг, 2009 г.
33. Данные Росагромаш. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения в России до 2020 года. – М., 2011 г.
34. Деминг, У.Э. Выход из кризиса / У.Э. Деминг. – Тверь: Альба, 1994.
35. Денисов, В.А. Обеспечение безотказной работы деталей машин с использованием новой системы переменных допусков / В.А. Денисов, А.А. Соломашкин / Инженерные технологии и системы. 2020. Т. 30. № 1. С. 76-91.
36. Денисов, В.А. Восстановление гильз цилиндров автотракторных двигателей в современных условиях / В.А. Денисов, А.Ю. Костюков, Р.Н. Задорожний / Технический сервис машин. 2020. № 2 (139). С. 122-133.
37. Денисов, В.А. Новая стратегия технического обслуживания и ремонта машин / В.И. Черноиванов, В.А. Денисов, Ю.В. Катаев, А.А. Соломашкин / Техника и оборудование для села. 2021. № 9 (291). С. 33-36.
38. Денисов, В.А. Способ технического обслуживания и ремонта машин / А.А. Соломашкин, В.А. Денисов / Патент на изобретение RU2778391C1, 18.08.2022. Заявка № 2021128431 от 29.09.2021.
39. Денисов, В.А. Исследование износостойкости гильз цилиндров, восстановленных керамическим покрытием / В.А. Денисов, Н.А. Попов / Технический сервис машин. 2024. Т. 62. № 1. С. 101-106.
40. Дидманидзе, О.Н. о перспективах развития автомобильного транспорта в агропромышленном комплексе / О.Н. Дидманидзе, А.М. Карев, Г.Е. Митягин // Международный научный журнал. – 2016. – № 1. – С. 53-65.
41. 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.
42. Дорохов, А.С. Повышение эффективности входного контроля качества запасных частей и сельскохозяйственной техники: дис. ... док. техн. наук: 05.20.03 / Дорохов Алексей Семенович. – Москва, 2011. – 458 с.

43. Дорохов, А.С. Стратегии технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственных машин / А.С. Дорохов, А.В. Денисов, А.А. Соломашкин, В.С. Герасимов / Технический сервис машин. 2020. № 3 (140). С. 38-48.

44. Дорохов, А.С. Устройство для определения технического состояния цилиндропоршневой группы дизельного двигателя и гидравлических насосов / А.С. Дорохов, Ю.В. Катаев, А.С. Саяпин, М.Н. Костомахин, Н.А. Петрищев, Е.В. Пестряков / Патент на изобретение RU2814429C1, 28.02.2024. Заявка от 27.09.2023.

45. 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.

46. Единая методика оценки технического уровня продукции машиностроения: Утв. Постановлением ГКНТ СССР от 25.02.88 №52. – М., 1988. – 32 с.

47. Ефимов, В.В. Статистические методы в управлении качеством / В.В. Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2003 – 134 с. [3]

48. Залознов, И. П. Анализ отказов и неисправностей двигателя ЗМЗ-4062.10 и его систем / И. П. Залознов, В. И. Рудских // Тр. СибАДИ, ч. 1 1998. - №2. -С. 72-77.

49. Захаров, Ю.А. Основные эксплуатационные дефекты гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания автомобилей / Ю.А. Захаров, Р.Р. Булатов // Молодой ученый. –2015. – №5. –С. 148-150.

50. Исикава К. Японские методы управления качеством / К. Исикава. – М.: Экономика, 1988. – 216 с.

51. Итоги работы по дилерской деятельности и снабженческому сервису за 2014г. ОАО «Росагроснаб». – М.: ОАО «Росагроснаю», 20015

52. 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.

53. Карпузов, В.В. Системы качества: учебник для студентов / В.В. Карпузов. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2009. – 340 с.

54. Комаров, В. А. Исследование станочного парка предприятий технического сервиса регионального агропромышленного комплекса / В. А. Комаров, Е. А. Нуянзин, П. А. Аняйкин, С. П. Бурланков // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 2(320). – С. 32-36.

55. Комаров, В. А. Обеспечение точности технологического оборудования предприятий технического сервиса / В. А. Комаров, П. А. Аняйкин, С. П. Бурланков // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 2(308). – С. 37-40.

56. Комаров, В. А. К вопросу обновления парка сельскохозяйственной техники / В. А. Комаров, Е. А. Нуянзин, В. Н. Сивцов // Сельский механизатор. – 2023. – № 1-2. – С. 18-19.

57. Комаров, В. А. Анализ технической оснащённости регионального агропромышленного комплекса / В. А. Комаров, Е. А. Нуянзин, В. И. Горшков // Сельский механизатор. – 2022. – № 3. – С. 8-10.

58. Комаров, В. А. Оценка уровня технологической оснащённости предприятий технического сервиса агропромышленного комплекса в Приволжском федеральном округе / В. А. Комаров, М. И. Курашкин // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т. 32, № 3. – С. 338-354.

59. Конкин, Ю. А. Проблемы совершенствования технического сервиса / Ю. А. Конкин // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Экономика и организация производства в агропромышленном комплексе. – 2005. – № 5. – С. 6.

60. Кочетов, В.В. Методические указания по оценке технического уровня выпускаемых машин, оборудования и другой техники производственного назначения 1-я ред./ В.В. Кочетов. –М.: Б.и., 1981. – С. 32.

61. Кутай, А. К. О математико-статистическом анализе точности в индивидуальном и мелко-серийном производстве и запасе точности. В кн.: Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении / А. К. Кутай. – Л.: Машиностроение, 1972. – Вып.6 – С. 116.

62. Кутай, А. К. Точность и производственный контроль в машиностроении. Справочник / А. К. Кутай, Б. М. Сорочкина. – М.: Машиностроение, 1983. – 367 с.

63. Кушнарев, Л.И. Повышение качества машин и оборудования на основе фирменного технического сервиса / Л.И. Кушнарев / В сборнике: Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. Материалы XXXVI Международной научно-технической конференции имени В.В. Михайлова. Саратов, 2023. С. 134-140.

64. Кушнарев, Л.И. К стабильно высокому качеству продукции машиностроения / Л.И. Кушнарев, Д.Л. Севостьянова / Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2022. № 2. С. 32-36.

65. Кушнарев, Л.И. Направления совершенствования ТС и их эффективность / Л. И. Кушнарев // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Экономика и организация производства в АПК. – 2008. – Вып. №5, ч. 1. – С. 26

66. Лазарь, В.В. Анализ условий работы гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания / В.В. Лазарь, М.В. Степанов, Л.Н. Трушина // Наука без границ. – 2020 - №7(47) – С. 48-53.

67. Лазарь В.В. Влияние условий работы двигателя на долговечность гильз цилиндров / В.В. Лазарь, М.В. Степанов // В сборнике: Доклады ТСХА. 2-21. С. 423-426.

68. Лазарь, В.В. Возможности использования интегрального показателя качества при выборе технологического оборудования по производству гильз цилиндров / В.В. Лазарь // В сборнике: Чтения академика В.Н. Болтинского. Сборник статей семинара. 2021. С. 63-68.

69. Лазарь, В.В. Возможности оценки хонинговальных станков с помощью интегрального показателя качества / В.В. Лазарь, М.В. Степанов // В сборнике: Научные исследования и инновации. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Научная общественная организация «Цифровая наука», ИП Емельянов Н.В. – 2020 – С. 37-41.

70. Лазарь, В.В. Контроль качества запасных частей редуктора конечной передачи МТЗ – 82.1 / В.В. Лазарь, Д.М. Скороходов, К.А. Краснящих, Ю.В. Катаев, Е.Л. Чепурина, А.С. Свиридов // Сельский механизатор – 2020 - №7 – С. 30-32.

71. Лазарь, В.В. Модель оценки уровня качества технологического оборудования для ремонтных предприятий АПК / В.В. Лазарь, Ю.Г. Вергазова // В сборнике: Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки. Сборник научных трудов национальной научно-практической конференции. 2021. С. 138-142.

72. Лазарь, В.В. Новые подходы к оценке уровня качества технологического оборудования для ремонта машин / В.В. Лазарь // В сборнике: Наука И Образование: Опыт, Проблемы, Перспективы Развития. Материалы международной научно-практической конференции. Красноярск, 2021. С. 148-151.

73. Лазарь, В.В. Обоснование использования интегрального показателя качества для оценки технологического оборудования при ремонте машин / В.В. Лазарь, Д.М. Скороходов // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам восьмой международной научной конференции – 2020 – С. 72-74.

74. Лазарь, В.В. Особенности микрометража гильз цилиндров двигателей ЯМЗ / В.В. Лазарь // Агроинженерия. 2022. Т.24. №3. С.51-55.

75. Лазарь, В.В. Оценка обработки гильз цилиндров под ремонтный размер / О.А. Леонов, У.Ю. Антонова, В.В. Лазарь // Сельский механизатор – 2022 - №7 – С. 38-39.

76. Лазарь, В.В. Оценка технико-экономического уровня технологического оборудования для обработки гильз цилиндров / В.В. Лазарь, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова // Агроинженерия. 2021. № 2 (102). С. 68-74.

77. Лазарь, В.В. Оценка технологического оборудования для ремонта машин с помощью интегрального показателя качества / В.В. Лазарь, Н.А. Сергеева // В сборнике: II Всероссийская научно-техническая конференция

«Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении». сборник докладов II Всероссийской научно-технической конференции. Тула, 2020. С.131-134.

78. Лазарь В.В. Параметры сравнения технологического оборудования для механической обработки изделий машиностроения / В.В. Лазарь, М.В. Степанов // Глобальная экономика в XXI веке: роль биотехнологий и цифровых технологий. Сборник научных статей по итогам работы шестого круглого стола с международным участием. Москва, 2020. С. 150-152.

79. Лазарь, В.В. Результаты микрометража изношенных гильз цилиндров двигателей ЯМЗ / В.В. Лазарь // В сборнике: ЧТЕНИЯ АКАДЕМИКА В.Н.БОЛТИНСКОГО. 2022. С. 262-267.

80. Лазарь В.В. Техничко-экономические показатели качества технологического оборудования при ремонте машин / В.В. Лазарь, Л.Н. Трушина // Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности. Сборник научных статей по итогам седьмой международной научной конференции – 2020 – С. 81-83

81. Леонов, О.А. Выбор технологического оборудования для ремонтных предприятий АПК по технико-экономическим критериям / О.А. Леонов, Н.И. Селезнёва // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ им. В.П. Горячкина». – 2008. – №5, ч.1. – С. 47.

82. 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.

83. Леонов, О.А. Курсовое проектирование по метрологии, стандартизации и сертификации: Учебное пособие / О.А. Леонов. – М.: МГАУ, 2002. – 168 с.

84. Леонов, О.А. Методы и средства измерений / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2014. – 256 с.

85. Леонов, О.А. Метрологическое обеспечение контроля гильз цилиндров при ремонте дизелей // О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Ю.Г. Вергазова, У.Ю.

Антонова // Вестник Барановичского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2018. – №6. – С.104-109.

86. Леонов, О.А. Метрология, стандартизация и сертификация / О.А. Леонов, В.В. Карпузов, Н.Ж. Шкаруба, Н.Е. Кисенков // – М.: Издательство КолосС, 2009. – 568 с.

87. Леонов, О.А. Микрометраж и дефектация деталей автотракторных двигателей / О.А. Леонов. – М.: МГАУ, 1995. – 36 с.

88. Леонов, О. А. Обеспечение качества ремонта унифицированных соединений сельскохозяйственной техники методами расчета точностных параметров: дисс. д-ра техн. наук: 05.20.03 / Леонов Олег Альбертович. – М., 2004. – 324 с.

89. Леонов, О. А. Оценка качества сельскохозяйственной техники технико-экономическим методом / О. А. Леонов, Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Технический сервис в агропромышленном комплексе. – 2004. - № 1. – С. 57.

90. Леонов, О.А. Особенности выбора средств измерений отверстий гильз цилиндров при селективной сборке / О.А. Леонов, У.Ю. Антонова // В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. – 2018. – с.358-362.

91. Леонов, О.А., Статистические методы в управлении качеством: учебник / О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба, Г.Н. Темасова. – 2 изд., исп. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 144 с.

92. Леонов, О.А., Технология контроля качества продукции / О.А. Леонов, Г.И. Бондарева// учебное пособие. – М.: Издательство РГАУМСХА, 2016. – 142 с.

93. Леонов, О.А., Технико-экономический анализ состояния технологического оборудования на предприятиях технического сервиса в агропромышленном комплексе / О.А. Леонов, Н.И. Селезнёва // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина» – 2012. – №5. – С. 64.

94. Леонов, О.А. Экономика качества, стандартизации и сертификации: учебник / О.А. Леонов, Г.Н. Темасова, Н.Ж. Шкаруба. – М.: Издательство РГАУ-МСХА. – 2016. – 251 с.
95. Лимарев, В.Я. Материально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса / В.Я. Лимарев и др. – М.: Известия, 2004. – 624с.
96. Липкович, Э.И. Проблема качества отечественной сельскохозяйственной техники / Э.И. Липкович // Тракторы и сельхозмашины. – 2009 – № 11 – С. 3 – 7.
97. Макаркин, Н. И. Экономика надежности техники / Н. И. Макаркин. – М.: Экономика, 2001. – 436 с.
98. РД 50–98–86. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм (по применению ГОСТ 8.051–81). – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 84 с.
99. Министерство сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http // www.msx.ru](http://www.msx.ru).
100. Мониторинг состояния предприятий инженерно-технической инфраструктуры АПК по техническому обслуживанию и ремонту отечественной и импортной сельхозтехники и концепция модернизации предприятий технического сервиса АПК. Отчет о НИР. – М.: ГОСНИТИ, 2008 – 90 с.
101. Организация технического сервиса машин и оборудования, используемого в малых формах хозяйствования. Научный доклад / И. Г. Голубев – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 65 с.
102. Отчет о работе органов ГОСТЕХНАДЗОРА за 2005 год. – М.: Минсельхоз, 2006.
103. Оценка качества технического уровня технологических процессов. – М.: Академия стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 60 с.
104. Павлюк, Р. В. Совершенствование технологии и оснастки повышения качества ремонта гильз цилиндров автотракторных двигателей / Р.В. Павлюк, Н.А. Баганов, А.В. Захарин, Е.В. Зубенко, Ю.И. Жевора, Е.Н. Глебова. // Технический сервис машин. – 2021. - №4 (145). – С. 95-102.

105. Перспективные направления ремонта, технического обслуживания и восстановления деталей с повышением их надежности в регионах / В. М. Кряжков. – Труды ГОСНИТИ, 2008. – №102. – С. 23.
106. Проблемы технического сервиса в АПК России. – М.: ГОСНИТИ, 2000. – 309 с.
107. Пучин, Е.А. Надежность технических систем: учеб. для вузов / Под общ. ред. Е.А.Пучина и О.Н. Дидманидзе. – М.: ООО «УМЦ Триада» - 351с.
108. Российский статистический ежегодник 2016: Стат.сб. / Ростат. – М., 2016 – 725 с.
109. Рыночная экономика: Словарь. / Под общ. ред. Кипермана Г.Я. – М.: Республика, 1993. – 524 с.
110. Селезнева, Н.И. Разработка методики оценки качества оборудования для ремонтных предприятий: дисс. канд. техн. наук: 05.20.03 / Селезнева Наталья Игоревна. – М., 2016. – 177 с.
111. Сенин, П.В. Анализ технического состояния головок блока цилиндров двигателя семейства ЗМЗ-406 / П.В.Сенин, Н.В. Раков, А.М. Макейкин // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы межвузовский сборник научных трудов, посвященный 100-летию со дня рождения первого декана факультета механизации сельского хозяйства МГУ им. Н. П. Огарева доцента Д. С. Пилипко (1913 – 1989 гг.).– 2013. – С. 343-350.
112. Сиднина, Т. И. Технический уровень оборудования для восстановления деталей. В кн.: Состояние и перспективы восстановления и упрочнения деталей машин. Материалы конференции. Сборник I / Т. И. Сиднина, И. Г. Голубев. – М.: ЦРДЗ, 1994. – С. 13.
113. Скороходов, Д.М. Совершенствование методов и средств контроля качества запасных частей сельскохозяйственной техники: дисс. канд. техн. наук: 05.20.03 / Скороходов Дмитрий Михайлович. – М., 2017. – 178 с.
114. Современный технический сервис в АПК: состояние, инновации, диверсификация. Научный доклад ФГНУ «Росинформагротех» / И. Г. Голубев, М. К. Кухмазов. – Пос. Правдинский, 2008. – 52 с.

115. Справка «Обобщенные сведения о результатах периодических испытаниях сельскохозяйственной техники за 2008 г. / А.И. Журавлев, В.А. Сорокин и др. // Солнечногорск: ФГУ «ГИЦ», 2009 – 40 с.

116. Стратегия машино-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / В.И. Фисинин и др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2009. – С. 80.

117. Темасова, Г. Н. Методы оценки конкурентоспособности продукции / Г. Н. Темасова // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Экономика и организация производства в агропромышленном комплексе. – 2005. – № 5. – С. 85.

118. Тимашов, Е.П. Обоснование системы технического обслуживания и ремонта на основе характеристик машинно-тракторного парка / Е.П. Тимашов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. - №1 (29) – С. 40-45.

119. Тимохин, С.В. Совершенствование методов и средств испытаний двигателей сельскохозяйственных тракторов / А.П. Иншаков, И.А. Успенский, С.В. Тимохин, И.И. Курбаков, М.С. Курбакова / Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 4 (48). С. 98-107.

120. Тимохин, С.В. Совершенствование технического обслуживания тракторов и автомобилей / Ю. В. Родионов, С. В. Тимохин. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2021. – 168 с. – ISBN 978-5-9282-1708-2.

121. Тимохин, С.В. Технология холодной обкатки дизелей с повышенными нагрузочно-скоростными режимами / А.Н. Морунков, С.В. Тимохин, И.А. Спицын, М.В. Рыблов, А.Н. Кувшинов / Нива Поволжья. 2021. № 3 (60). С. 112-119.

122. Тимохин, С.В. Стенд для обкатки и испытаний двигателей малогабаритных тракторов / Д.В. Байков, А.П. Иншаков, С.В. Тимохин, А.Н. Кувшинов, М.Е. Голышев / Сельский механизатор. 2021. № 1. С. 36-37.

123. Тимохин, С.В. Модернизация обкаточно-тормозных стендов для обкатки автотракторных дизелей / А.Н. Морунков, С.В. Тимохин Технический сервис машин. 2022. № 2 (147). С. 76-85.

124. Тойгамбаев, С.К. Метрология, стандартизация и сертификация / С.К. Тойгамбаев, А.П. Шнырев, П.В. Голиницкий // учебник для студентов. – Издательство «Спутник +». 2017, –375 с.

125. Файнштейн, Г. З. Вероятностные расчеты допусков с учетом технологической точности изготовления деталей. В кн.: Взаимозаменяемость и технические измерения в машиностроении / Г. З. Файнштейн. – Л.: Машиностроение, 1972. – Вып.6 – С. 46.

126. Фейгенбаум, А. Контроль качества продукции / А. Фейгенбаум. – М.: Экономика, 1986. – 471 с.

127. Философия качества по Тагути – Сер. «Всё о качестве. Зарубежный опыт». 1997. – М.: НТК «Трек», 1997, вып. 6. – 17 с.

128. Черноиванов, В. И. Развитие системы ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка / В. И. Черноиванов // История науки и техники. – 2019. – № 12. – С. 11-19.

129. Черноиванов, В. И. Приоритетные направления законодательного обеспечения агропромышленного комплекса / В. И. Черноиванов // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 1. – С. 2-5.

130. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин, И.Г. Голубев // Монография. Правдинский. – 2016. – 568 с.

131. Шкаруба, Н.Ж. Оценка качества контрольных процессов в условиях ремонтного производства / Н.Ж. Шкаруба // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 289-3. – С. 271- 273

132. Шкаруба, Н.Ж. Управление качеством измерений при ремонте сельскохозяйственной техники / Н.Ж. Шкаруба // Новые задачи технических наук и пути их решения: Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2015. – С. 172-174.

133. Якушев А.И. Взаимозаменяемость и технические измерения. / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М.: Изд-во «Машиностроение» – 1986.
134. Deming, W.E. Out of the Crisis / W.E. Deming. – Cambridge, 1986.
135. Dorsch, R. Laser triangulation: Fundamental uncertainty in distance measurement / R. Dorsch, G. Hausler, J. Herrmann // Appl. Opt. 1994. Vol 33. P. 1306-1314.
136. EN 450011. Общие требования к органам по сертификации, проводящим сертификацию продукции. – М.: ВНИИС, 1993.
137. Lazar, V.V. Improvement of the method of micrometry of cylinder liners / V.V. Lazar, M.N. Erokhin, Yu.G. Vergazova, Yu.V. Kataev, E.A. Gradov / В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. II International Scientific Conference on Metrological Support of Innovative Technologies (ICMSIT II-2021). Krasnoyarsk, 2021. С. 42041.



3K83У - Полуавтомат хонинговальный вертикальный



3K833 - Полуавтомат хонинговальный вертикальный



NAGEL VS8-80 Вертикальный хонинговальный станок



GENRING Z2-600-180 вертикальный хонинговальный станок



ЗМВ9817 Изготовитель SJMC (Китай)



Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	<b>Г</b>	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	<b>8640</b>	168	168	168	168	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	2000	168	168	168	168	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	2000	168	168	168	168	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	2000	168	168	168	168	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	<b>Г</b>	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	2000	168	168	168	<b>8640</b>	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	168	168	168	168	2000	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	168	168	168	168	2000	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО
Наработка, ч	168	168	168	168	168	168	168	2000	168	168	168	168
Вид ТО и Р	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПТО	ПрТО	ПТО	ПТО	ПТО	<b>К</b>
Наработка, ч	168	168	168	168	168	168	168	2000	168	168	168	<b>51840</b>


 Директор по рискам и правовому обеспечению  
 АО "Костромской завод автокомпонентов"  
 И.Ю.Брюханов  
 «24» августа 2022

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Настоящий акт составлен о внедрении результатов законченной научно-исследовательской работы «Оценка качества процесса финишной обработки гильз цилиндров ДВС при изготовлении и ремонте», выполненной в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в соответствии с программой научно-исследовательских работ Государственного заказа Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на кафедре метрологии, стандартизации и управлении качеством.

Результатами научно-исследовательской работы являются разработанные методические рекомендации:

1. Усовершенствована методика расчета интегрального показателя качества технологического процесса финишной обработки деталей, которая учитывает удельные показатели затрачиваемых ресурсов, таких как материалоемкость, трудоемкость, энергоемкость и их стоимость, в том числе трудоемкость и стоимость проведения технического обслуживания и ремонта станков. Определены коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт к стоимости станка, диапазон которых составил от 0,95 до 2,4 для хонинговальных станков без ЧПУ и от 0,4 до 2,5 для станков с ЧПУ.

2. Установлено, что при финишной обработке гильз цилиндров двигателей ЯМЗ используется большая номенклатура вертикально-хонинговальных станков. Наиболее целесообразно использовать станки с наиболее высоким интегральным показателем качества, такие, как итальянский ROVBI SET150-L (0,25 шт./р.), датский Dalcen Machines-Denmark VCH 450 (0,24 шт./р.), китайский ЗМВ9817 (0,24 шт./р.). Из станков с ЧПУ наиболее рационально использовать отечественный СС740 (0,167 шт./р.), который по некоторым параметрам превосходит немецкие и итальянские модели с ЧПУ.

Проблема импортозамещения решается использованием станков из России и Китая, которые не уступают по качеству европейским моделям.

Результаты работы приняты к внедрению в АО "Костромской завод автокомпонентов" и будут использоваться при выборе вертикально-хонинговальных станков для финишной обработки гильз цилиндров.

Представитель АО "Костромской завод автокомпонентов"  
 Начальник УСП \_\_\_\_\_ /Смирнов Г.Г./

Представители ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
 Профессор, д.т.н. \_\_\_\_\_ /Леонов О.А./  
 Ст.преподаватель \_\_\_\_\_ /Лазарь В.В./



ИНЖИНИРИНГ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ МОТОРНЫЙ ЦЕНТР

**"АБ-ИНЖИНИРИНГ"**

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ДЕКА-ПРО»  
 129075, Москва, ул.Шереметьевская, д.85Б, стр.4, тел. +7 495 545-6936  
 e-mail: workshop@ab-engine.com, http: www.ab-engine.com



«24» ноября 2022

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Специализированный моторный центр "АБ-Инжиниринг" (ООО "Дека-Про") настоящим актом подтверждает внедрение результатов законченной научно-исследовательской работы «Оценка качества процесса финишной обработки гильз цилиндров ДВС при изготовлении и ремонте», выполненной в ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в соответствии с программой научно-исследовательских работ Государственного заказа Министерства сельского хозяйства Российской Федерации на кафедре метрологии, стандартизации и управлении качеством.

Результатами научно-исследовательской работы являются разработанные методические рекомендации:

1. Усовершенствована методика расчета интегрального показателя качества технологического процесса финишной обработки деталей, которая учитывает удельные показатели затрачиваемых ресурсов, таких как материалоемкость, трудоемкость, энергоемкость и их стоимость, в том числе трудоемкость и стоимость проведения технического обслуживания и ремонта станков. Определены коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт к стоимости станка, диапазон которых составил от 0,95 до 2,4 для хонинговальных станков без ЧПУ и от 0,4 до 2,5 для станков с ЧПУ.

2. Установлено, что при финишной обработке гильз цилиндров различных двигателей, в том числе, ЯМЗ, используется большая номенклатура вертикально-хонинговальных станков. Наиболее целесообразно использовать станки с наиболее высоким интегральным показателем качества, такие, как итальянский ROVBI SET150-L (0,25 шт./р.), датский Dalcan Machines-Denmark VCH 450 (0,24 шт./р.), китайский 3MB9817 (0,24 шт./р.). Из станков с ЧПУ наиболее рационально использовать отечественный СС740 (0,167 шт./р.), который по некоторым параметрам превосходит немецкие и итальянские модели с ЧПУ.

Результаты работы приняты к внедрению в Специализированном моторном центре "АБ-Инжиниринг" и используются при выборе вертикально-хонинговальных станков для финишной обработки гильз цилиндров для моторных центров "АБ-Инжиниринг" и заказчиков станков данного типа.

Генеральный директор  
Специализированного моторного центра  
"АБ-Инжиниринг" (ООО "Дека-Про")



Д.А.Артамонов