

*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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Рязань – 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева).

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
**Леонов Олег Альбертович**

**Официальные оппоненты:** **Комаров Владимир Александрович**,  
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», профессор кафедры технического сервиса машин;  
**Тимохин Сергей Викторович**,  
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», профессор кафедры «Технический сервис машин»;

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

Защита диссертации состоится «03» октября 2024 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.031.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАУ, на сайте: [www.rgatu.ru](http://www.rgatu.ru), с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



Юхин Иван Александрович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**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 оценки 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 использовались 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.

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформированы цель, задачи, объект и предмет исследования, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимости работы, основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе «Состояние вопроса. Задачи и цели исследования»** проведен анализ материально-технической базы предприятий АПК, рассмотрена динамика изменения системы ремонтных размеров гильз цилиндров и области применения в технике для АПК двигателей ЯМЗ-238 и Д-144, оценено состояние и потребность в технологическом оборудовании на ремонтных предприятиях АПК, рассмотрена система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования, проведен анализ существующих методов оценки качества технологического оборудования и процессов, приведено описание объекта исследования.

**Во второй главе «Теоретические основы исследования методов оценки качества финишной обработки на вертикально-хонинговальных станках»** рассмотрены основные принципы оценки качества технологического оборудования и процессов обработки, проведена разработка методики оценки качества процесса финишной обработки гильз цилиндров, рассмотрены инструменты оценки стабильности технологического процесса и уровня брака.

Показателями, которые можно использовать для оценки оборудования и выполняемых на этом оборудовании технологических процессов, являются материалоемкость, энергоемкость и трудоемкость. Обобщенно эти показатели называются показателями ресурсоемкости.

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 оборудовании. Обратная величина от суммарных удельных издержек будет определять интегральный показатель качества (ИПК).

Схематическое изображение последовательности определения ИПК при финишной обработке деталей представлено на рисунке 1.

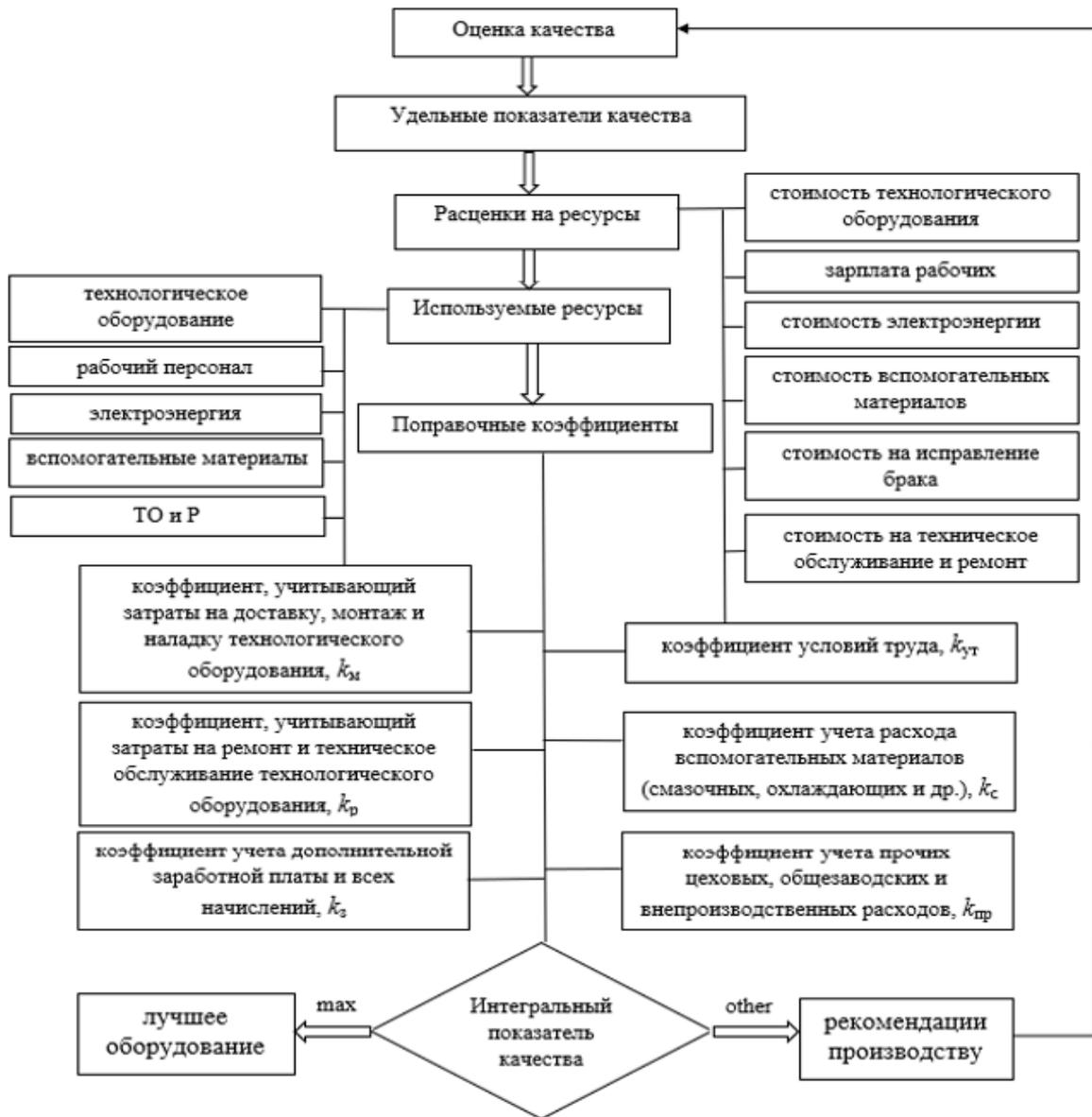


Рисунок 1 – Схема определения интегрального показателя качества при оценке качества технологического процесса обработки

Обратная величина от суммарных удельных издержек будет определять ИПК, что характеризуется следующим выражением:

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

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 определяются по формулам.

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

$$I = \frac{1}{\left( a_0 m k_m k_p + a_t \frac{t}{k_{\text{кут}}} k_{\text{зп}} + a_э \varepsilon k_c + a_m m_{\text{п}} + [a_{\text{иб}} d_{\text{иб}} + a_{\text{ниб}} d_{\text{ниб}}] \right) k_{\text{пов}}}, \quad (2)$$

Затраты на ремонт предлагаем рассмотреть отдельной составляющей общих затрат. Следуя из этого при расчете по формуле (2), необходимо убрать коэффициент  $k_p=2,04$  и прибавить новую составляющую – удельную трудоемкость ТО и Р.

Оценку качества технологического процесса обработки гильзы цилиндра в зависимости от показателей ресурсоемкости можно представить в виде схемы, рисунок 2.



Рисунок 2 – Схема оценки качества технологического процесса обработки с помощью показателей ресурсоемкости

Формула для расчета интегрального показателя качества  $I$  (шт./руб.) будет выглядеть так:

$$I = \frac{K_d}{a_o \cdot m \cdot k_m + a_t \frac{t}{k_{ут}} \cdot k_{зп} + a_э \cdot \varepsilon \cdot k_c + a_m \cdot m_{п} + [a_{иб} \cdot d_{иб} + a_{ниб} \cdot d_{ниб}] + a_{ТОиР} \cdot t_{ТОиР}}, \quad (3)$$

где:  $K_d$  – величина, обратная коэффициенту учета дополнительных расходов (общецеховых, 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.;  $m_{п}$  – удельная материалоемкость применения ресурсов, ед./шт.;  $d_{иб}$ ,  $d_{ниб}$  – удельные показатели исправимого и неисправимого брака, ед./шт.;  $t_{ТОиР}$  – удельная трудоемкость ТО и Р, чел.-час./шт.;  $a_o$  – удельная стоимость используемых ресурсов на создание технологического оборудования (станков), руб./ед. ресурса;  $a_t$  – удельная стоимость трудозатрат, руб./чел.-час. ресурса;  $a_э$  – удельная стоимость энергии, руб./кВт;  $a_m$  – удельная стоимость применяемых вспомогательных материалов в процессе обработки, руб./ед. ресурса;  $a_{иб}$ ,  $a_{ниб}$  – 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.).

Таким образом, получена формула (3) 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.

**В третьей главе «Методика и средства экспериментальных исследований»** рассмотрена методика контроля при финишной обработке гильз цилиндров. Для определения точных размеров поверхностей деталей применяют микрометрирование (микрометраж) и дефектацию (контроль). С помощью данных методов выявлен характер износа, параметры формы детали, отклонение этих форм от нормы и расположение этих отклонений на поверхности, так как это влияет на интенсивность изнашивания соединения.

Выбрано средство измерения внутреннего диаметра гильз цилиндров – индикаторный нутромер с цифровой головкой с ценой деления 0,001 мм. Нутромером проводились измерения отклонений диаметров гильз в указанных плоскостях и сечениях, определялись действительные отклонения.

Рассмотрена практика применения контрольных карт Шухарта для анализа качества процесса и контрольные листки. Методика применения контрольных

карт представляет процедуру, включающую этапы сбора данных, расчета, управления процессом и анализа возможностей улучшения качества.

В четвертой главе «Результаты исследований и их анализ» приведены результаты микрометража изношенных гильз цилиндров двигателя Д-144, результаты исследований технологических процессов на стабильность и на наличие брака с помощью контрольных карт Шухарта и гистограмм, а также результаты расчета интегрального показателя качества технологических процессов для исследуемой номенклатуры станков.

Микрометраж изношенных гильз цилиндров Д-144 показал, что практически 90% гильз цилиндров будут выбракованы из-за превышения границы допустимого износа (рисунок 3). Из них около 95% могут быть обработаны под ремонтный размер  $D_p = 105,7^{+0,06}$  мм.

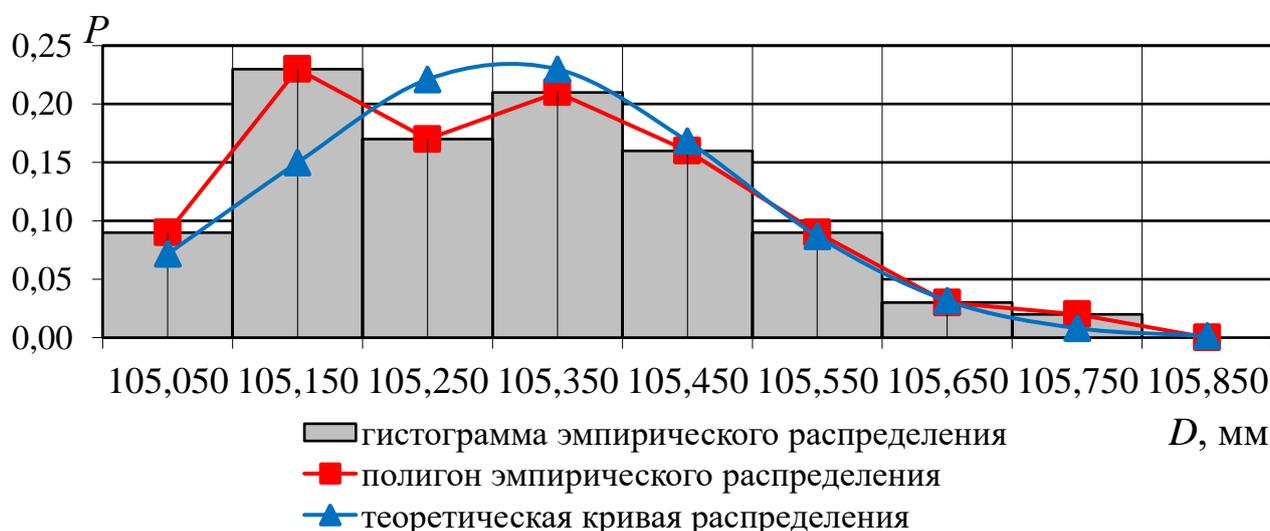


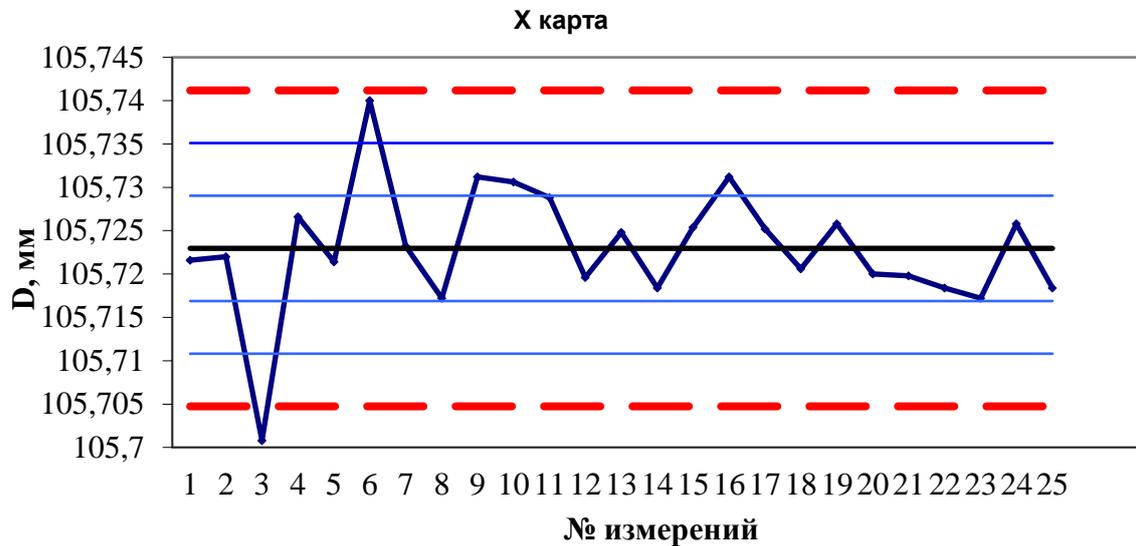
Рисунок 3 – Рассеяние изношенных размеров отверстий гильз цилиндров двигателя Д-144

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.

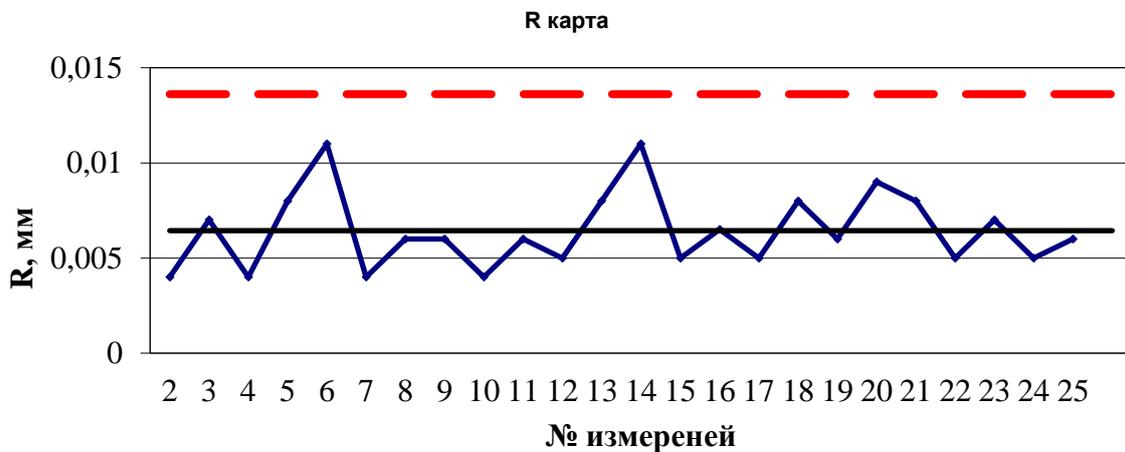
Перед ремонтным предприятием встает вопрос – обрабатывать ли гильзы под ремонтный размер или заменять их на новые путем использования ремкомплекта. Рассмотрим этот вопрос с позиции анализа качества обработки гильз цилиндров. Применим следующую последовательность действий:

- 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.

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). 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).



*a*



*б*

Рисунок 4 – Контрольные карты средних значений (а) и размахов (б) для обработанных под ремонтный размер гильз цилиндров двигателя Д-144

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.

Из гистограммы рассеяния размеров (рисунок 5) видно, что имеется 6% исправимого брака, который в дальнейшем обнаруживается и исправляется

путем дополнительного финишного хонингования. В итоге получается, что все 100% обработанных гильз являются годными и идут на сборку.

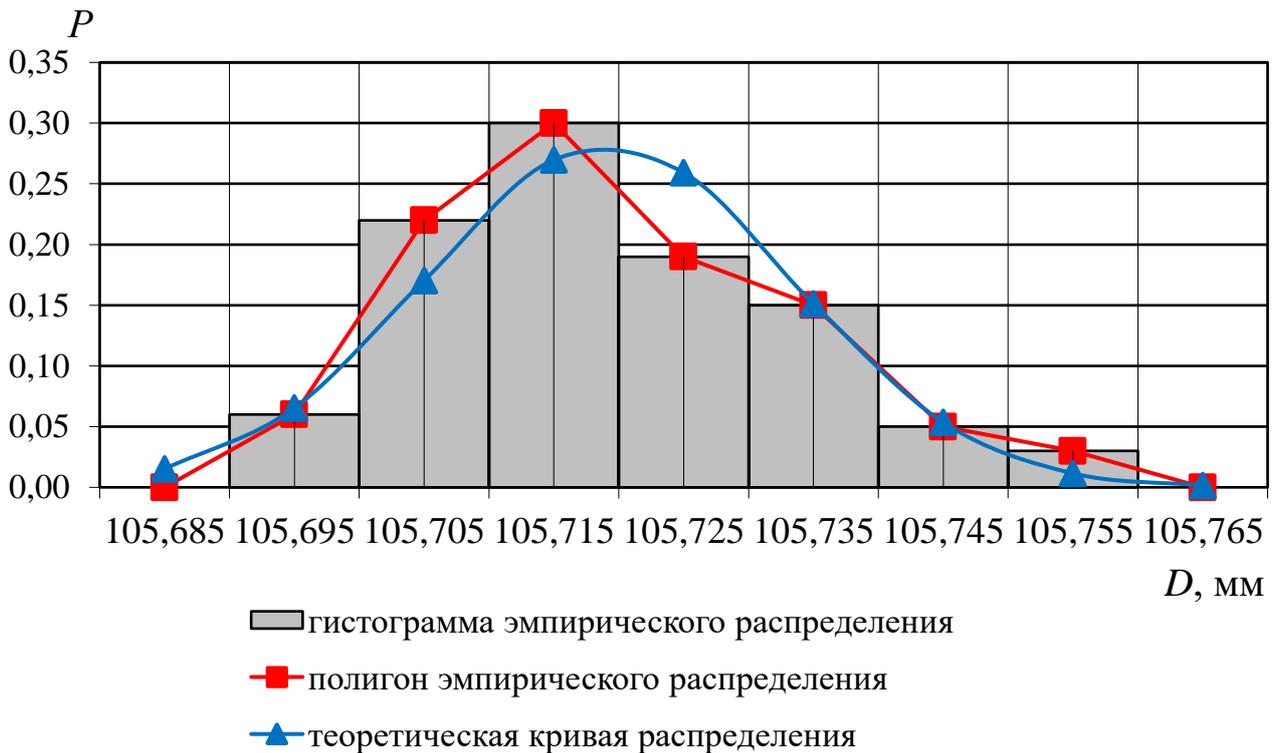


Рисунок 5 – Рассеяние размеров отверстий при обработке гильз цилиндров двигателя Д-144 под ремонтный размер  $D = 105,7^{+0,06}$  мм

В результате анализа рассеяния размеров новых гильз цилиндров из ремкомплектов для двигателей ЯМЗ-238 (рисунок 6) видно, что настроенность и точность оборудования хорошая, брака нет.

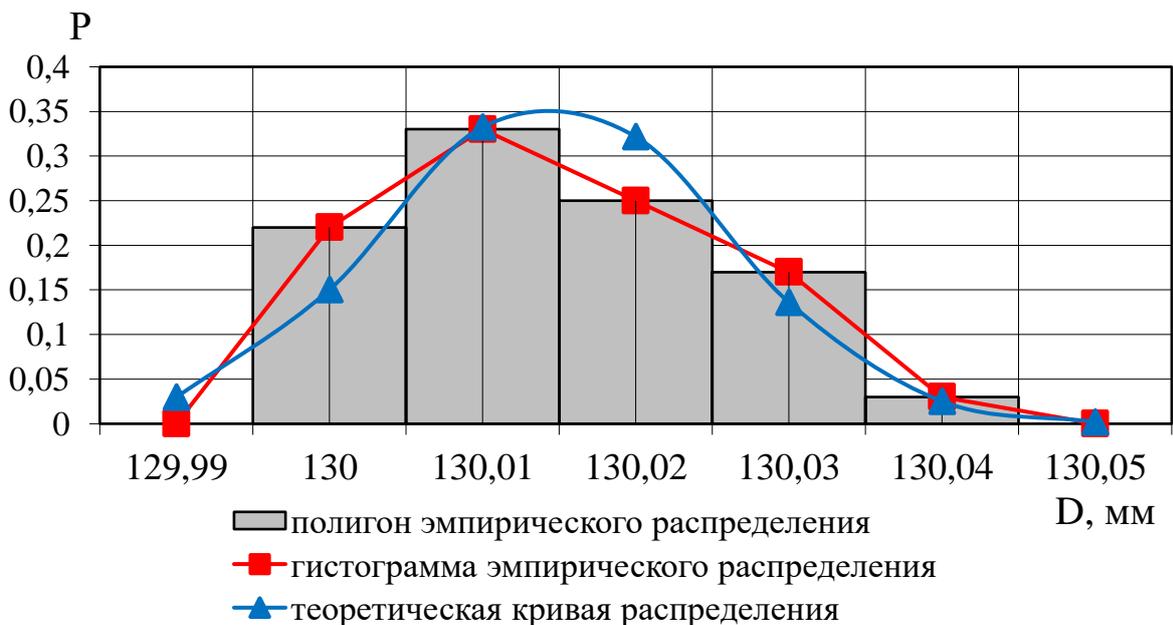


Рисунок 6 – Рассеяние размеров отверстий гильз цилиндров двигателя ЯМЗ-238  $D = 130^{+0,06}$  мм, входящих в ремкомплекты

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

Для оценки качества процесса финишной обработки с помощью предложенной методики (рисунок 1), произведен расчет интегральных показателей качества для станков, используемых на ремонтном предприятии (в диапазоне количества обрабатываемых гильз от 2 до 40 в сутки), и при производстве ремкомплектов (программа производства – 30 тыс. в месяц). Результаты расчетов отображены на рисунках 7 и 8.

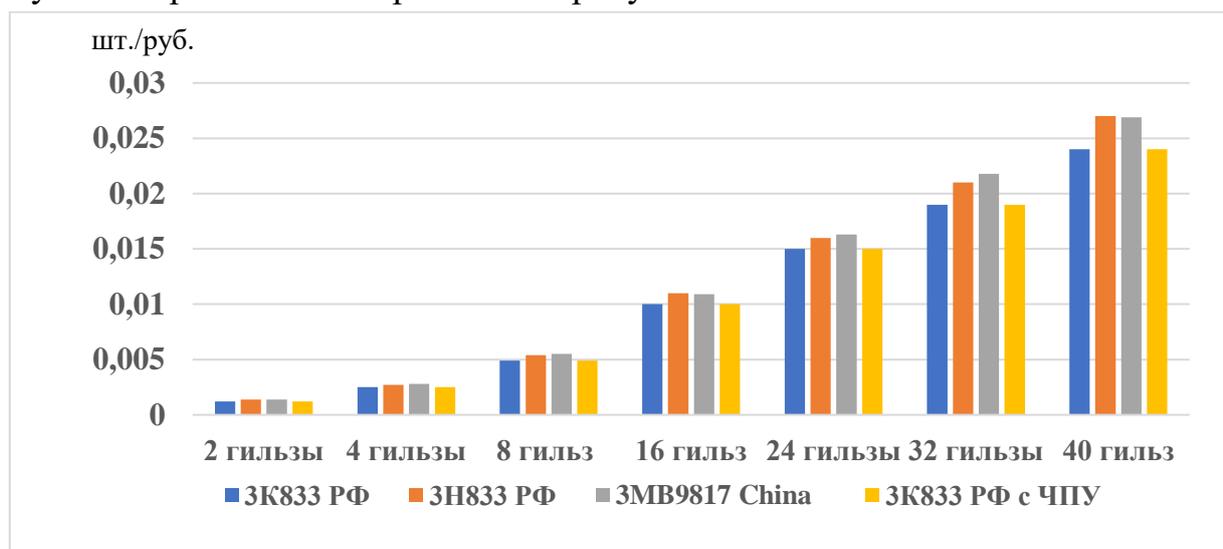


Рисунок 7 – Интегральные показатели качества станков при ремонте

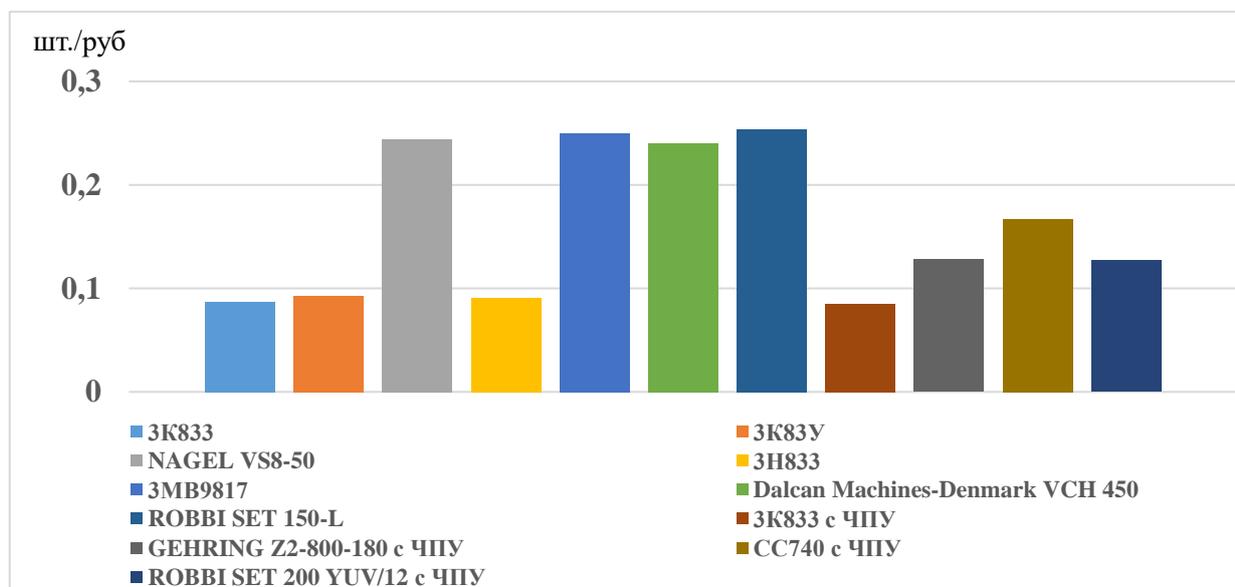


Рисунок 8 – Интегральные показатели качества станков при производстве ремкомплектов гильз

Из рисунков 7 и 8 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, но не отрицает возможности реализации на ремонтном предприятии процесса обработки гильз под ремонтный размер. В результате расчетов выявлено, что при использовании в ремонтном производстве отечественного станка 3Н833, а также китайского 3МВ9817 интегральный показатель качества при обработке 40 гильз в день составляет 0,027 шт./руб., а для станков 3К833 и 3К833 с ЧПУ – 0,024 шт./руб.

Для условий производства ремкомплектов установлено, что наиболее целесообразно использовать станки следующих марок: итальянский ROBBI SET150-L (0,25 шт./руб.), датский Dalcan Machines-Denmark VCH 450 (0,24 шт./руб.), китайский 3МВ9817 (0,24 шт./руб.). Из станков с ЧПУ наиболее рационально использовать отечественный СС740 (0,167 шт./руб.), который по некоторым параметрам превосходит немецкие и итальянские модели с ЧПУ.

Определены реальные коэффициенты отношения затрат на техническое обслуживание и ремонт к стоимости станка, которые для ремонтного производства оказались в диапазоне от 0,29 до 0,76, а для условий производства их диапазон составил от 0,4 до 2,5, что свидетельствует о существенной значимости работ по ТО и Р станков в общих затратах на процесс, таблица 1.

Таблица 1 – Значения коэффициента учета затрат на ТО и Р

Станки	Коэффициент $k_p$			
	Базовое значение	Работа в 2 смены	Работа в 3 смены	Работа при ремонте 1 смена
<b>Станки подержанные:</b>				
3К833 (РФ)	2,04	0,54	1,1	0,29
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	0,66
3МВ9817 (China)		0,92	2,8	0,76
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)*	0,68
GENRING Z2-800-180 (Germany)		0,15 (0,08)*	0,5 (0,23)*	-
СС740 (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.

Рекомендованное в ранее опубликованных методиках расчета ИПК базовое значение коэффициента 2,04, использовать нецелесообразно, т.к. это будет искажать результаты расчетов. При определении ИПК для каждого станка необходимо проводить отдельный расчет периодичности и трудоемкости работ по ТО и Р в зависимости от нормируемого срока службы.

В пятой главе «Оценка экономической эффективности» выполнен расчет экономической эффективности процесса финишной обработки гильз цилиндров для условий использования на ремонтных предприятиях и при производстве ремкомплектов. Оценка производилась с помощью показателя технико-экономического уровня процесса (ТЭУ).

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 2, так как срок окупаемости капитальных вложений будет меньше 15 лет.

Таблица 2 – Динамика показателей эффективности процесса финишной обработки гильз цилиндров при обработке под ремонтный размер (Д-144)

Показатели	Станки						
	ЗН833 (РФ)						
Количество гильз, шт./день	2	4	8	16	24	32	40
Себестоимость обработки <sup>з</sup> , руб./шт.	735,26	368,93	184,83	93,24	61,83	46,84	37,7
ИПК <i>g</i> , шт./руб.	0,0014	0,0027	0,0054	0,011	0,016	0,021	0,027
ТЭУ <i>I</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
	ЗМВ9817 (Китай)						
Количество гильз, шт./день	2	4	8	16	24	32	40
Себестоимость обработки <sup>з</sup> , руб./шт.	724,15	362,6	181,9	91,4	61,2	45,8	37,15
ИПК <i>g</i> , шт./руб.	0,0014	0,0028	0,0055	0,0109	0,0163	0,0218	0,0269
ТЭУ <i>I</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

Для условий массового производства ремкомплектов наиболее рентабельны станки ЗМВ9817 (Китай) и СС740 (РФ), отличающиеся низкой стоимостью, таблица 3.

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).

Таблица 3 – Показатели эффективности процесса финишной обработки гильз цилиндров при работе оборудования в 3 смены на производстве ремкомплектов (ЯМЗ-238)

Показатели	Новые станки				Станки с ЧПУ			
	3Н833 (РФ)	3МВ98 17 (China)	VCH 450	150- L	3К833 (РФ)	Z2- 800- 180	CC740 (РФ)	200 YUM/12
Себестоимость обработки з, руб./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	0,25 4	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

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.

## 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: ROVVI 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 снизить 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

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:**

### **Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

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

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

3. 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.

### **Статьи в других научных и научно-практических изданиях:**

4. Lazar, V.V. Formation of general technical training of students through the integration of computational and graphic works / V.V. Lazar, Yu.V. Kataev, M.V. Stepanov, E.L. Chepurina, K.A. Krasnyashikh // В сборнике: *Journal of Physics: Conference Series*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. С. 12008.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. Лазарь, В.В. Результаты микрометража изношенных гильз цилиндров двигателей ЯМЗ / В.В. Лазарь // В сборнике: Чтения академика В.Н. Болтинского. 2022. С. 262-267.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная*

*Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ №1613 подписано в печать 25.07.2024 г.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет имени  
П.А. Костычева»*

*390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1*

*Отпечатано в издательстве учебной литературы и учебно-методических  
пособий ФГБОУ ВО РГАТУ  
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1*