

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

Направление: 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических  
машин и комплексов»

Профиль: «Сервис транспортных и транспортно-технологических  
машин и оборудования»

Кафедра эксплуатации и ремонта машин

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**на соискание квалификации (степени) «бакалавр»**

Тема: «Организация участка по ремонту двигателей с разработкой  
конструкции устройства для полирования шеек коленчатых валов»

Шифр 23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ

Студент группы Б262-10у

Акули

Кушников Алексей Валерьевич

Руководитель доцент

Гималтдинов И.Х.  
подпись

Гималтдинов И.Х.  
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите  
(протокол № 10 от «31» января 2020г. )

Зав. кафедрой профессор  
ученое звание

Адигамов Н.Р.  
подпись

Адигамов Н.Р.  
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**

**Институт механизации и технического сервиса**

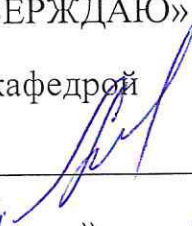
Кафедра эксплуатации и ремонта машин

Направление: 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических  
машин и комплексов»

Профиль: «Сервис транспортных и транспортно-технологических  
машин и оборудования»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

 Адигамов И.Р.  
« 14 » 12 2019 г.

### **ЗАДАНИЕ**

#### **на выпускную квалификационную работу**

Студенту Кушникову А.В.

Тема ВКР «Организация участка по ремонту двигателей с разработкой  
конструкции устройства для полирования шеек коленчатых валов»  
утверждена приказом по вузу от « 10 » января 2020 г. № 5

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 31.01.2020г

3. Исходные данные: нормативно справочная литература, технологические карты, количество объектов ремонта, результаты замеров износов деталей.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Анализ состояния вопроса
2. Проектирование участка по ремонту двигателей
3. Проектирование технологического процесса восстановления
4. Конструкторская разработка
5. Мероприятия по безопасности жизнедеятельности
6. Техничко-экономическое обоснование конструкции



## 5. Перечень графических материалов

1. План участка
2. Ремонтный чертеж
3. Технологические карты на восстановление
4. Сборочный чертеж устройства
5. Рабочие чертежи деталей

## 6. Консультанты по ВКР

| Раздел                         | Консультант |
|--------------------------------|-------------|
| Безопасность жизнедеятельности |             |
| Экономическое обоснование      |             |
| Конструктивная часть           |             |
|                                |             |
|                                |             |

7. Дата выдачи задания «14» Декабря 2019 г.

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| №<br>п/п | Наименование этапов выполнения<br>ВКР | Срок<br>выполнения | Примечание |
|----------|---------------------------------------|--------------------|------------|
| 1        | Анализ устройства и условий<br>работы | 25.12.2019 г.      |            |
| 2        | Технологическая часть                 | 16.01.2020 г.      |            |
| 3        | Конструктивная часть                  | 30.01.2020 г.      |            |

Студент-дипломник Кышников А.В ( Аку )

Руководитель ВКР к.т.н. доцент Гималятов И.Х ( ИХ )

## АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Кушникова А.В. выполненную на тему «Организация участка по ремонту двигателей с разработкой конструкции устройства для полирования шеек коленчатых валов».

Выпускная квалификационная работа включает в себя пояснительную записку из 15 листов печатного текста и графических материалов на 6 листах формата А1, содержит 13 рисунков, 11 таблиц, список использованной литературы содержит 22 наименований.

Текстовые документы работы содержат пояснительную записку, состоящую из введения, 3 разделов, заключения и списка использованной литературы; приложения и спецификацию.

В первом разделе проводится анализ условий работы коленчатых валов. Приведены причины потери работоспособности и основные дефекты. Во втором разделе приводится технологический процесс восстановления детали и расчеты по проектированию участка для ремонта двигателей. Проанализированы существующие способы восстановления, выбран рациональный способ восстановления, выполнен ремонтный чертеж и технологические карты на восстановление. В третьем разделе разрабатывается конструкция устройства для полирования шеек коленчатых валов. Описана работа приспособления, выполнены инженерные расчеты конструкции. Разработаны мероприятия по безопасной эксплуатации конструкции. Разработана инструкция по безопасной работе с устройством. Дано технико-экономическое обоснование целесообразности применения приспособления.

## ANNOTATION

At the final qualifying work Kushnikov A.V. carried out on the topic "Organization of a site for the repair of engines with the development of the design of a device for polishing the necks of crankshafts."

The final qualification work includes an explanatory note from 75 sheets of printed text and graphic materials on 6 sheets of A1 format, contains 13 figures, 11 tables, the list of used literature contains 22 titles.

Text documents of the work contain an explanatory note, consisting of introduction, 3 sections, conclusion and list of used literature; applications and specification.

The first section analyzes the working conditions of the crankshafts. The reasons for the loss of performance and the main defects are given. The second section provides the manufacturing process for the restoration of parts and calculations for the design of a site for engine repair. Existing recovery methods are analyzed, a rational recovery method is selected, a repair drawing and recovery process maps are completed. In the third section, the design of a device for polishing the necks of crankshafts is developed. The work of the device is described, engineering design calculations are performed. Measures have been developed for the safe operation of the structure. Instructions for safe operation of the device have been developed. The feasibility study of the appropriateness of the use of the device is given.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                      | стр.      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                       | <u>8</u>  |
| 1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЙ И ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ<br>ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ .....               | <u>10</u> |
| 1.1 Анализ условий работы сопряжений, причины потери работоспособ-<br>ности коленчатого вала .....   | <u>10</u> |
| 1.1.1 Описание условий работы коленчатого вала .....                                                 | <u>10</u> |
| 1.1.2 Износы коленчатых валов.....                                                                   | <u>11</u> |
| 1.1.2.1 Естественные и аварийные износы шеек .....                                                   | <u>11</u> |
| 1.1.2.2 Деформации коленчатых валов .....                                                            | <u>12</u> |
| 1.1.2.3 Дисбаланс коленчатых валов.....                                                              | <u>12</u> |
| 1.2 Обзор передового опыта в технологии восстановления работоспо-<br>собности коленчатых валов ..... | <u>14</u> |
| 1.2.1 Правка коленчатых валов.....                                                                   | <u>14</u> |
| 1.2.2 Лазерное упрочнение коленчатых валов .....                                                     | <u>17</u> |
| 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА.....                                                     | <u>19</u> |
| 2.1 Схема производственного процесса ремонта двигателя.....                                          | <u>19</u> |
| 2.2 Расчет объемов ремонтных работ.....                                                              | <u>21</u> |
| 2.3 Расчет численности рабочих .....                                                                 | <u>25</u> |
| 2.4 Подбор технологического оборудования и расчет площади участка                                    | <u>29</u> |
| 2.5 Разработка технологического процесса ремонта коленчатого вала<br>двигателя Д-245 .....           | <u>33</u> |
| 2.5.1 Обоснование необходимости разработки технологии .....                                          | <u>33</u> |
| 2.5.2 Дефекты коленчатого вала .....                                                                 | <u>34</u> |
| 2.5.3 Выбор и анализ способа ремонта.....                                                            | <u>35</u> |



|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5.4 Разработка технологического процесса ремонта .....                                    | 41 |
| 2.5.5 Выбор режимов и расчет норм времени выполнения операции ...                           | 43 |
| 3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ<br>ПОЛИРОВАНИЯ ШЕЕК .....                           | 60 |
| 3.1 Обоснование необходимости разработки конструкции .....                                  | 50 |
| 3.2 Анализ существующих конструкций полировальных установок .....                           | 51 |
| 3.3 Устройство и принцип действия приспособления .....                                      | 53 |
| 3.4 Расчет конструктивных элементов приспособления .....                                    | 55 |
| 3.4.1 Выбор электродвигателя .....                                                          | 55 |
| 3.4.2 Подбор болтов крепления электродвигателя .....                                        | 56 |
| 3.4.3 Расчет сварного соединения .....                                                      | 57 |
| 3.4.4 Расчет цилиндрической пружины сжатия .....                                            | 59 |
| 3.5. Обеспечение безопасности в конструкции .....                                           | 61 |
| 3.5.1 Инструкция по охране труда при работе с приспособлением для<br>полирования шеек ..... | 61 |
| 3.5. Физическая культура на производстве .....                                              | 62 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                                                                            | 72 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....                                                      | 73 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ .....                                                                            | 75 |
| СПЕЦИФИКАЦИИ .....                                                                          | 79 |

## ВВЕДЕНИЕ

В свете вступления нашей страны во Всемирную торговую организацию в аграрной отрасли экономики среди многих других задач на первый план выходит конкурентоспособность сельскохозяйственных производителей, которая определяет перспективы их дальнейшего существования и развития. Помимо качества продукции, ее конкурентоспособность напрямую зависит от издержек производства. Ввиду сложного материального и финансового положения, в которых находятся сельскохозяйственные предприятия, еще сильнее ухудшившегося вследствие экономического кризиса, минимизация себестоимости производства продукции является приоритетной задачей, стоящей перед предприятиями.

В свою очередь для этого необходима минимизации всех издержек производства. Значительная часть себестоимости продукции сельского хозяйства определяется издержками на поддержание и восстановление работоспособности технологических машин и оборудования. Помимо этого, работоспособность машин косвенно влияет и на урожайность сельскохозяйственных культур, так как готовность техники выполнять возложенные на нее задачи, иначе говоря ее надежность, сказывается на возможности осуществлении сельскохозяйственных операций качественно, без потерь и в требуемые агротехнические сроки.

Способами снижения издержек на восстановление работоспособности машин и оборудования являются перевооружение ремонтно-технологической базы сельскохозяйственных предприятий, повышение квалификации эксплуатирующего и ремонтирующего технику персонала, освоение инновационных технологий восстановления и упрочнения изношенных деталей машин, технико-экономическое обоснование существующих технологических процессов и целесообразности осуществления восстановления в целом, а также научная организация труда рабочих, занятых в техническом сервисе.

Поступление в аграрное производство новой отечественной и зарубежной техники неотвратно предъявляет более жесткие требования к ее эксплуатации, техническому обслуживанию, хранению и ремонту. Учитывая плачевное текущее материально-техническое состояние ремонтно-обслуживающей базы агрофирм и хозяйств, во большинстве случаев требуется ее капитальное перевооружение и восполнение. Современное количественное и качественное состояние ремонтно-технологической базы, ее обеспеченность новыми видами оборудования, приборами, приспособлениями и способы организации труда значительно отстают от скорости смены морально устаревшей сельскохозяйственной техники даже в экономически благополучных хозяйствах и агрофирмах.

Освоение инновационных технологий возделывания с применением сложных посевных и почвообрабатывающих комбинированных машин отечественного и зарубежного производства не снабжены всем необходимым комплексом средств для осуществления их технического сервиса. В результате снижается их экономическая эффективность, которая имеет первостепенное значение в условиях жесткой конкуренции.

Хронически сложившийся в сельскохозяйственном производстве принцип остаточного финансирования обновления технологического оборудования и оснастки технического сервиса следует разрушить, поскольку отдача от вложений в данную сферу произойдет быстрее, чем от вложений в покупку новых технологических машин и оборудования для производства сельскохозяйственной продукции.

В связи с вышесказанным, проектирование технологических процессов на основе технико-экономического обоснования, видится актуальной задачей стоящей перед ремонтно-обслуживающими базами хозяйств.

В настоящей выпускной квалификационной работе предлагается проектирование технологического процесса восстановления коленчатого вала с разработкой устройства для полирования шеек.



# 1 АНАЛИЗ РАБОТЫ СОПРЯЖЕНИЙ И ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

## 1.1 Анализ условий работы сопряжений, причины потери работоспособности коленчатого вала

### 1.1.1 Описание условий работы коленчатого вала

Коленчатый вал двигателя – одна самых ответственных, нагруженных и дорогих деталей, наиболее часто подлежащих восстановлению.

Силы, приложенные к коленвалу, вызывают трение и износ его коренных и шатунных шеек, вкладышей, усталостные повреждения в области перехода шеек в щеки и в месте выходов масляных каналов. Кроме того, присутствуют крутильные, осевые, поперечные и другие колебания.

Причина неравномерного распределения внутренних напряжений является резкий поворот осевой линии при переходе шейки-щека, в следствие чего нейтральная ось изгибается, сближаясь с входящими углам кривошипа (рисунок 1.1).

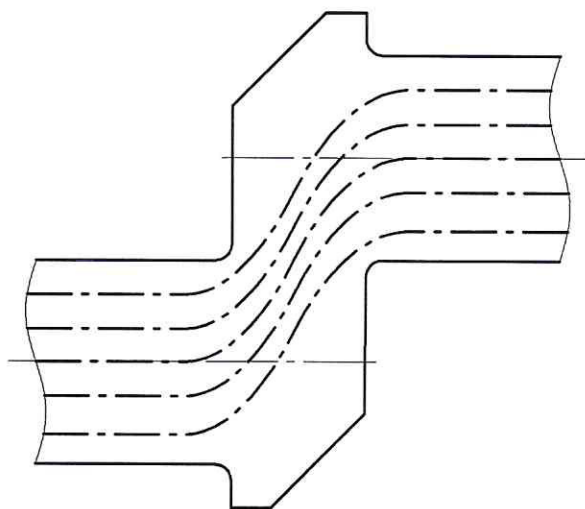


Рисунок 1.1 – Положение нейтральной оси при изгибе колена

Смещение нейтральной оси обуславливает увеличение напряжения у входящих углов, как бы сгущение линий силового поля, что, в известной степени, подобно изгибу кривого стержня, где при сокращении внутреннего

радиуса кривизны растут напряжения на внутренней стороне стержня. Напряжения кручения при изгибе осевой линии также возрастают.

### **1.1.2 Износы коленчатых валов**

#### **1.1.2.1 Естественные и аварийные износы шеек**

Естественные износы шеек обычно составляют 30-90 мкм, а максимальные, обычно, не превосходят 150 мкм. В капитальный ремонт могут приходить ДВС, износ коленвалов у которых, не ощущается (от до 20 % валов) и им как правило назначают лишь полировку коренных шеек.

Микрометраж коленчатых валов двигателей СМД-60 показал, что существенной разницы в износах шатунных и коренных шеек нет. Овальность шатунных шеек составила в среднем 25 мкм, а овальность коренных шеек – 14 мкм [12].

Кроме естественных, у коленвалов часто приходится наблюдать износы коренных и шатунных шеек с четко выраженным аварийным характером. На таких шейках как правило присутствуют визуально определяемые следы задиров, заклиниваний (часто цвета побежалости) или большие односторонние износы. Под аварийными износами шеек коленвалов автомобильных и тракторных ДВС понимают износы в пределах 200-300 мкм, причем с выраженными признаками повреждения шеек.

Аварийные износы являются результатом схватывания (заедания, задиров) поверхностей. Схватывание является самым опасным видом износа и сопровождается не только аварийным характером поверхностей трения, но может быть причиной и приводит к заклиниванию и излому деталей. При схватывании твердых поверхностей (например, закаленная сталь по закаленной стали) происходит приблизительно одинаковое их повреждение. В случае если трущиеся пары изготовлены из различных металлов, то как правило быстрее изнашивается та деталь, которая изготовлена из материала с

12

меньшей твердостью, поскольку ее металл налипает (переносится) на деталь с большей твердостью. Схватывание обычно происходит по причинам масляного голодания трущихся пар; высоких удельных нагрузок и скоростей скольжения; перекосах и деформациях деталей и др. [11].

#### **1.1.2.2 Деформации коленчатых валов**

Одни из основных и преобладающих дефектов коленвалов это их деформации: изгиб, удлинение или укорачивание, угловое или линейное смещение кривошипов. Деформацию коленчатых валов можно подразделить на основные виды: динамическую, статическую, естественную (обычную в среднем у более чем 85% валов) и аварийную (у 8-15% валов).

Основные динамические деформации валы получают от сил инерции шатунно-поршневой группы. Деформация увеличивается с повышением нагрузок на двигатели и частоты вращения валов.

#### **1.1.2.3 Дисбаланс коленчатых валов**

При изготовлении все коленвалы подвергают динамической балансировке. Динамическое уравнивание уменьшает силы, приложенные к шейкам валов и подшипникам, и, следовательно, снижает их износ и делает его более распределенным. В ходе эксплуатации уравниженность коленчатых валов нарушается по причине некачественной шлифовки под ремонтный размер, неравномерного износа шеек, нарушения радиуса и углового расположения кривошипов, ослабления креплений противовесов, изгиба и несоосности коренных шеек, неуравновешенности маховиков и прочих факторов. В связи с этим усиливается вибрация двигателя и машины, учащаются их отказы, а работоспособность водителей снижается. Вибрация машины повышает интенсивность износа сопряжений, приводит к ослаблению затяжки резьбовых соединений.



На рисунке 1.2 приведено изменение неуравновешенности коленчатых валов СМД-60 в зависимости от порядкового номера ремонтного размера (выборка из 100 валов) [12].

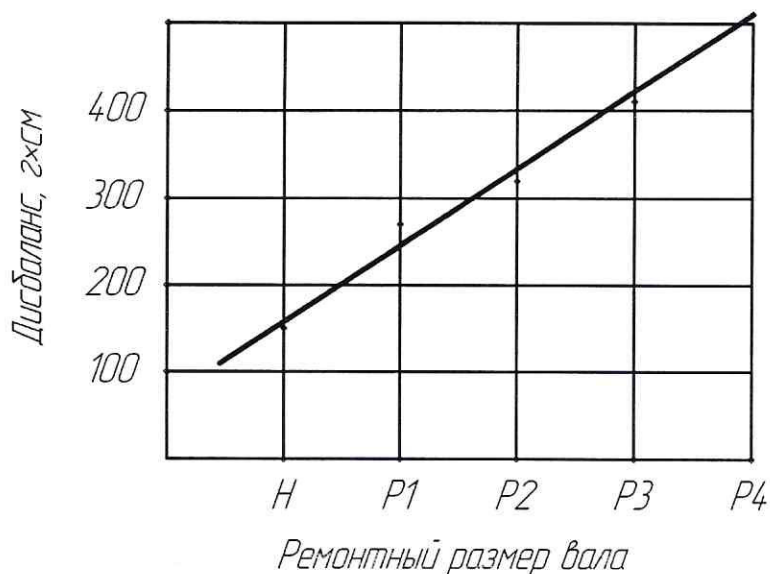


Рисунок 1.2 – Средний рост неуравновешенности коленчатых валов СМД-60 в зависимости от порядкового номера ремонтного размера

Как показано, дисбаланс отремонтированных валов возрастает (по отношению к новым) с увеличением числа перешлифовок в такой последовательности:

$$Н \rightarrow Р1 \rightarrow Р2 \rightarrow Р3 \rightarrow Р4 = 1 \rightarrow 2,2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5,5 \text{ раз.}$$

Для спокойной работы отремонтированных двигателей недостаточно уравновесить только коленчатый вал, поэтому их балансируют в сборе с маховиками.

## 1.2 Обзор передового опыта в технологии восстановления работоспособности коленчатых валов

### 1.2.1 Правка коленчатых валов

Учитывая недостатки известных способов правки коленчатых валов (на гидравлическом прессе, наклепом щек), фактически не позволяющих использовать их при ремонте, был разработан принципиально другой способ. Его называли «инденторной холодной правкой».

Коленчатый вал 1 (рисунок 1.3 а) устанавливают на опору 4 шатунной шейкой 3 (обычно шейка с задиром), находящейся между двумя наиболее смещенными осями коренных шеек. Затем на гидравлическом прессе мощностью не менее 400-500 кН с плавным нагружением (не более 300 кН в мин) воздействуют на шатунную шейку дугообразным индентором 5, прикладывая нагрузку в направлении, противоположном смещению оси коренных шеек в области галтелей (зона максимальной концентрации напряжений). Нагрузку плавно увеличивают до максимально допустимой. Вследствие локальной пластической деформации растягивающие напряжения трансформируются в сжимающие и на поверхностях галтелей образуются эксцентричные канавки (рисунок 1.3 в). Пластичность металла в этой зоне увеличивается, и он течет как в поперечном направлении, так и в стороны щек 2, раздвигая последние на угол  $\theta$ . Вследствие поворота щек вал выравнивается и его ось, занимавшая до правки положение I, окажется в положении II. Вытесненный индентором металл у галтелей сохраняет свой постоянный объем, а остаточная напряженность шейки остается практически стабильной.

При формировании канавок из размер (глубина  $t_k$  и ширина  $B$ ) выбирают с учетом установленных величин интервала и припуска при обработке шатунной шейки на один из ремонтных размеров [12]. Учитывается также расстояние от края цилиндрического участка шейки до

галтели (5-10 мм). Исходя из этих ограничений, глубина канавки выбрана равной  $0,002D_{ш}$  (где  $D_{ш}$  – диаметр шатунной шейки), а ее ширина  $B = 2-2,5r_2$  (где  $r_2$  – радиус галтели). Глубина канавок обычно составляет 0,14-0,16, а ширина 4-5 мм. Такие параметры позволяют технологически эффективно упрочнять галтели, а вытесненный слой металла, равный глубине канавки, удалять в процессе перешлифовки шейки на ремонтные размеры.

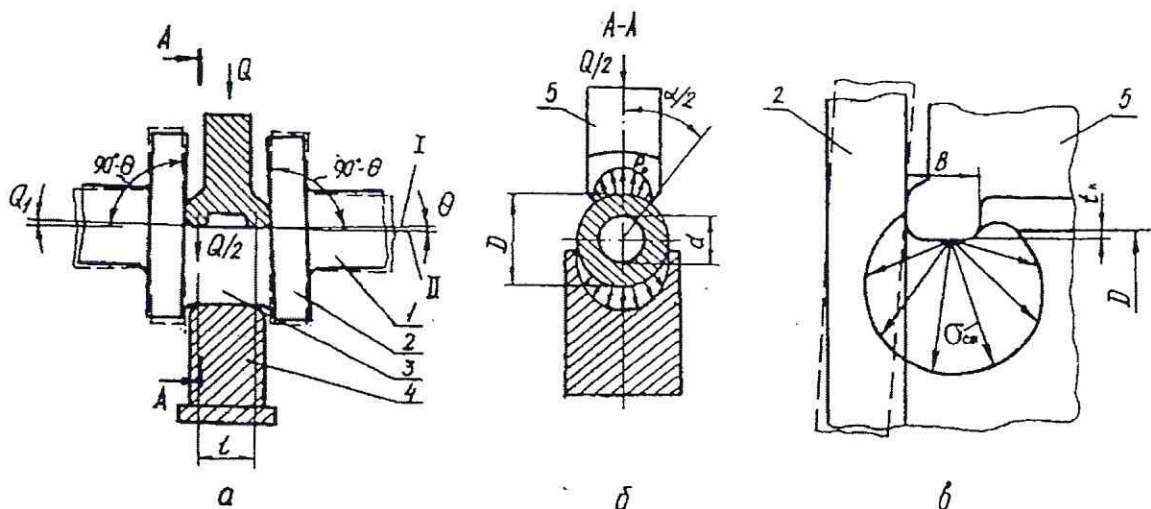


Рисунок 1.3 – Холодная поэлементная правка коленчатых валов:

а – схема правки; б – распределение контактных давлений; в – распределение напряжений в галтелях при воздействии индентора; I и II – положения оси вала; 1 – коленчатый вал; 2 – щека; 3 – шатунная шейка; 4 – опора; нажимной блок

Устройство для поэлементной правки валов содержит опорный блок 1 (рисунок 1.4), снабженный постелью, имеющей выпуклую поверхность. Нажимной блок 6 состоит из двух боковин 4 и 10 и перемычки 9. На перемычке выполнен Т-образный выступ 7, а на нажимной плите 8, закрепленной к пуансону прессы, ответный паз. Боковины имеют дугообразные инденторы 3 или 11 для упора в галтели вала и отделены одна от другой продольным пазом 5, проходящим вдоль отверстия 14 с коническими проточками, в которых установлены конические распорные втулки 12, 15. Посредством винта 13 при необходимости регулируют расстояние между боковинами.

Угол охвата галтелей составляет  $120^\circ$ , что обеспечивает рациональное распределение удельных нагрузок по дуге. Возникающие от контактных



давлений напряжения не вызывают трещин и больших вмятин в галтелях. При контакте с постелью поверхностный слой шейки в результате растяжения разгружается. Это позволяет стабилизировать геометрическую форму шейки, уменьшить усилие правки вала. Применение устройства позволяет значительно повысить качество правки валов. Кроме того, устройство просто по конструкции и удобно в эксплуатации.

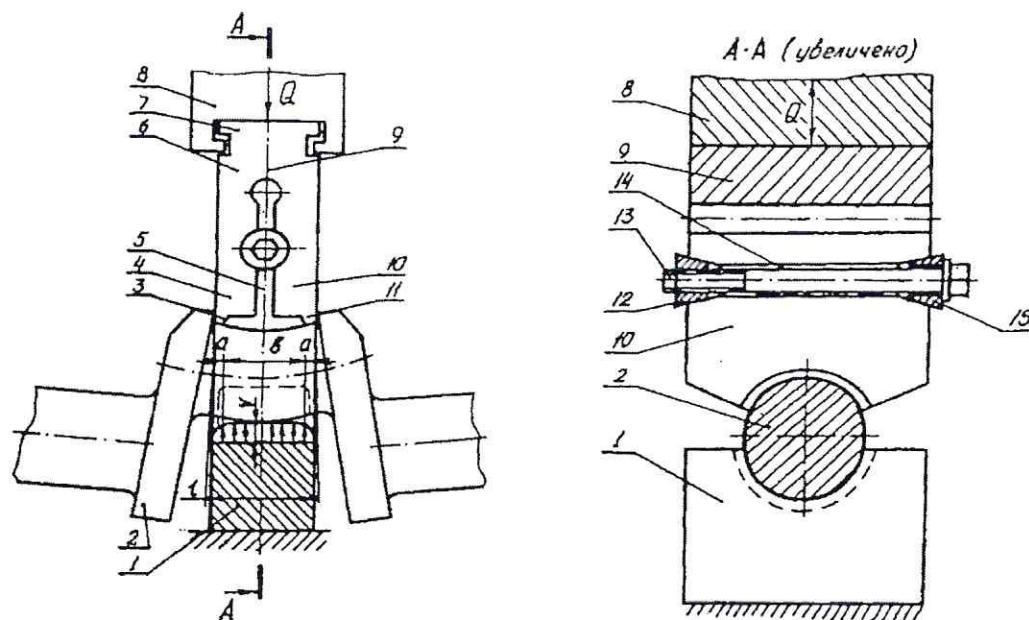


Рисунок 1.4 – Устройство для правки валов

1 – опорный блок; 2 – коленчатый вал; 3 и 11 – инденторы; 4 и 10 – боковины; 5 – продольный паз; 6 – нажимной блок; 7 – выступ; 8 – нажимная плита; 9 – перемычка; 12 и 15 – втулки; 13 – винт; 14 – отверстие

Иногда качественной правкой можно даже заменить шлифовку. например, поставляемые в запчасти новые коленчатые валы некоторых отечественных заводов порой имеют недопустимо большое биение шеек и посадочных поверхностей. Такие валы выправляются, после чего традиционная шлифовка здесь уже не требуется, да и динамическая балансировка оказывается ненужной.

Если сравнить затраты на ремонт вала (правка и шлифовка) с ценами нового вала, то ремонт получается в десятки раз выгоднее замены.

### 1.2.2 Лазерное упрочнение коленчатых валов

Лазерное упрочнение применяется для повышения износостойкости и усталостной прочности тяжело нагруженных деталей типа коленчатого вала. Обычно операция лазерного упрочнения является заключительной и позволяет существенно повысить ресурс детали. Лазерная обработка имеет преимущества по сравнению с закалкой ТВЧ. Поверхностная обработка деталей лазером – это закалка сталей и чугунов, легирование поверхностного слоя. Используют энергию лазерного излучения различной концентрации, причем с увеличением интенсивности глубина нагрева уменьшается [12].

При поверхностной закалке тонкий поверхностный слой разогревается бесконтактным методом до температуры, близкой к температуре плавления, а после прекращения воздействия лазерного луча происходит быстрое охлаждение. Лазером упрочняют детали из чугуна, углеродистых, низколегированных и легированных сталей, низкоуглеродистых цементированных, быстрорежущих и высоколегированных.

Значения твердости поверхностного слоя при лазерной закалке таковы, что не могут быть получены при других видах термообработки.

Лазерное упрочнение включает следующие операции: чистовое шлифования шеек, нанесение поглощающего покрытия на их поверхности, лазерное термоупрочнение, последующая полировка шеек коленчатого вала. Лазерные дорожки упрочнения наносят на рабочую поверхность вала по винтовой линии с коэффициентом заполнения зоны упрочнения 0,7-0,9. Энергия лазерного луча передается детали строго дозировано, локально. Диаметр луча в зоне обработки подбирается опытным путем, который составляет 3-12 мм (в зависимости от размеров изделия). Угол между осью шейки и направлением перемещения луча 80-85°.

Износостойкость упрочненных лазером шеек коленчатых валов, как показали исследования, выше в 1,9-2,1 раза, чем неупрочненных [12]. При закалке ТВЧ коленчатые валы необходимо править, шлифовать поверхности

коренных и шатунных шеек. При лазерном упрочнении необходимость в этих операциях отпадает. Шероховатость поверхностей при лазерном упрочнении не нарушается. Она позволяет производить саму обработку без применения принудительного охлаждения.

Использование лазерного луча, не подвергающегося износу инструмента, сокращает производственные расходы. Обработка бесконтактным способом исключает силовое воздействие на деталь. Благодаря своей гибкости (за счет смены линз и оптических головок) и возможности быстрой переналадки, технологические лазерные системы с успехом применяются в единичном, мелко- и крупносерийном производствах. Недостатком можно признать лишь дороговизну оборудования.

Принципиальная схема обработки цилиндрической поверхности типа «вал» представлена на рисунке 1.5.

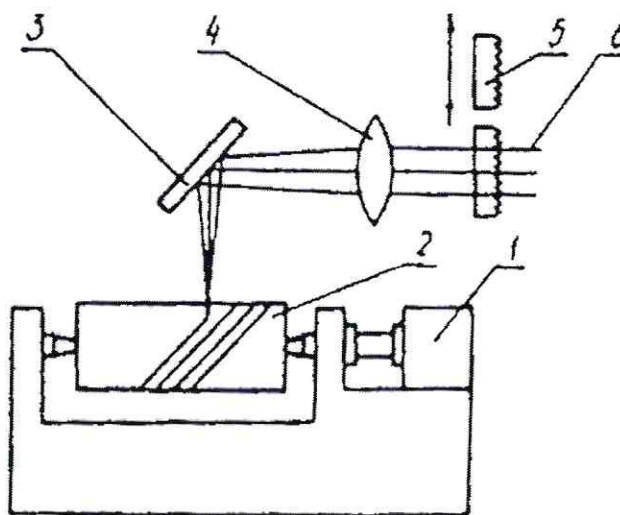


Рисунок 1.5 – Схема лазерной обработки:

1 – механизм привода; 2 – обрабатываемая деталь; 3 – зеркала; 4 – фокусирующие линзы; 5 – дроссель; 6 – лазерные лучи



## **2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА**

Проектирование производственного процесса включает в себя ряд иерархических уровней: разработку принципиальной схемы, проектирование маршрута и состава операций, расчет трудоемкостей работ, оборудования и рабочих, проект технологической планировки.

### **2.1 Схема производственного процесса ремонта двигателя**

Принципиальная схема производственного процесса выражает состав и последовательность укрупненных операций при проведении ремонтно-обслуживающих воздействий. Производственный процесс капитального ремонта начинается с приемки двигателей.

Схема производственного процесса капитального ремонта двигателей типа ЯМЗ представлена на рисунке 2.1

Процесс приемки состоит из следующих стадий: предварительный технический осмотр и выявление комплектности; оформление документации. Ремонтному предприятию предоставляется право при приемке вскрывать любую сборочную единицу.

На разборочно-моечном участке с ДВС снимают крышки картеров, и электрооборудование и топливную аппаратуру. Далее ДВС направляется в отделение наружной мойки для очистки от грязи, нагара и следов масла. После проведения внешней очистки производится разборка на агрегаты, механизмы, а также снимают крупные детали. Затем все сборочные единицы подвергаются наружной мойке и разборке. После разборочной операции детали укладываются в контейнеры для сохранения комплектности.

Детали двигателя, его агрегатов и механизмов проходят стадию мойки с применением моющих средств, в состав которых входят

поверхностно-активные вещества. После того как детали будут полностью очищены от нагара, грязи и маслянистых отложений, они отправляются на пост дефектации. По окончании дефектации негодные детали отправляются на склад металлолома и заменяются новыми; годные детали остаются в контейнерах; детали, требующие восстановления направляются на склад ДОР.

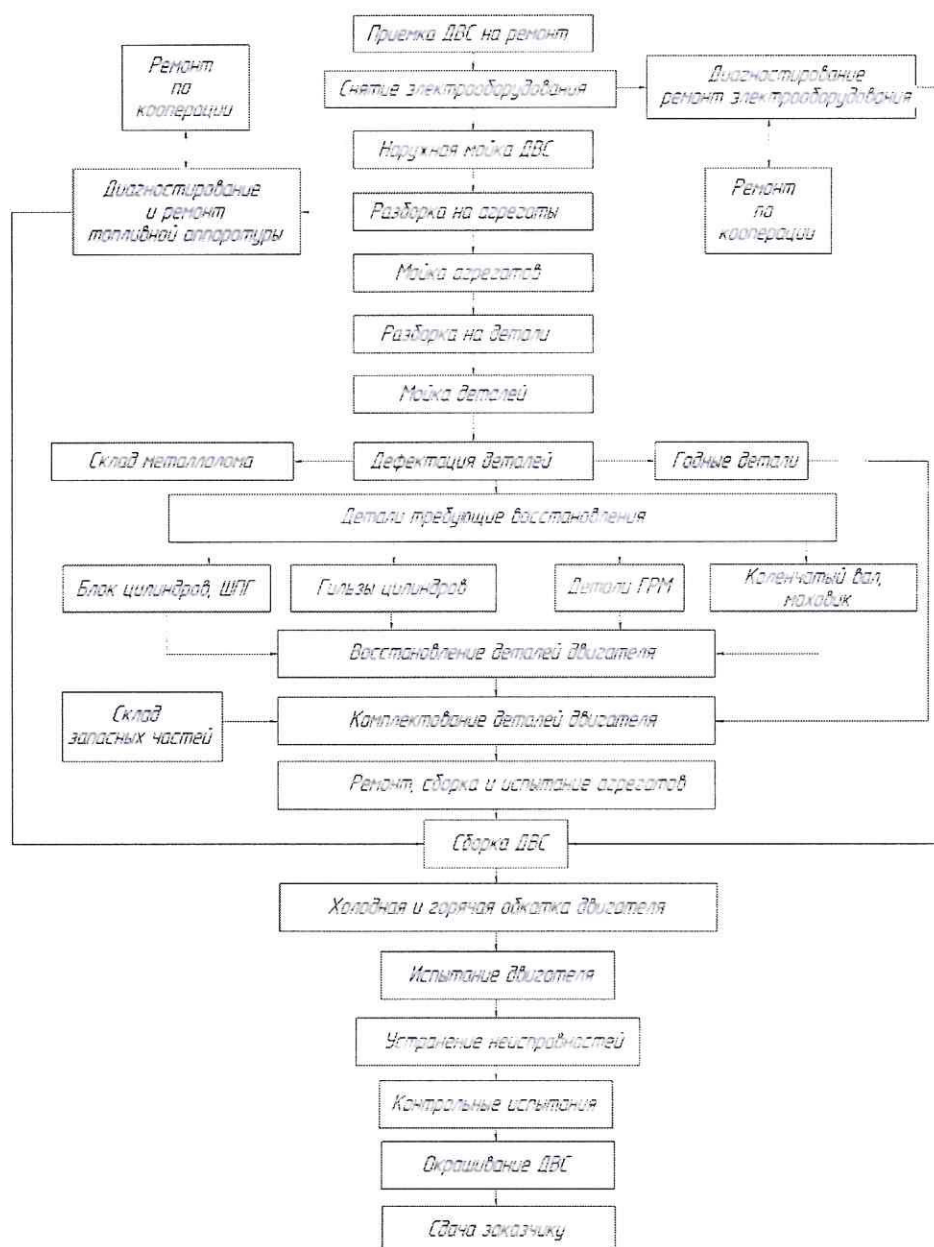


Рисунок 2.1 – Схема производственного процесса капитального ремонта ДВС

Новые детали со склада поступают на пост комплектования и раскладываются по заранее промаркированным контейнерам. Контейнер с годными деталями направляют к месту сборки агрегатов и комплектования.

Детали, требующие восстановления, отправляются по ремонтным отделениям, где с помощью электродуговой наплавки, высадки – сглаживания, восстановления с применением полимерных материалов, механической обработки происходит процесс восстановления. После ремонта отправляются на пост комплектования.

После комплектовки деталей производится сборка агрегатов двигателя, регулировка и испытание. После того как все сборочные единицы двигателя прошли регулировку и проверку начинается сборка ДВС.

По окончании процесса сборки двигатель проходит стадию холодной и горячей обкатки на обкаточном стенде. Все неисправности, возникшие в процессе обкатки, по возможности устраняются без съема ДВС со стенда. В случае невозможности устранения возникшей неисправности на месте двигатель снимается с обкаточного стенда и отправляется на пост, где производится его частичная разборка.

После проведения обкатки, регулировки и устранения возникших неисправностей отремонтированный ДВС проходит контрольные испытания и направляется в окрасочное отделение. После окраски и сушки двигатель сдается заказчику.

## **2.2 Расчет объемов ремонтных работ**

Количество капитальных ремонтов машин и их составных частей при укрупненном расчете находят по коэффициенту охвата. Коэффициент охвата капитальным ремонтом представляет собой долю машин или их составных частей, проходящих капитальный ремонт в планируемый



период. Коэффициенты охвата разработаны ГОСНИТИ и учитывают множество факторов: интенсивность обновления парка машин и их списания, тенденцию изменения надежности новых машин и других условий эксплуатации

Количество капитальных ремонтов [18] двигателей определено по выражению (2.1)

$$N_{KP} = N_M \cdot \alpha_{охв} \cdot K_z \cdot K_{д\gamma} \quad (2.1)$$

где  $N_M$  – количество двигателей одной марки (таблица 2.1);

$\alpha_{охв}$  – коэффициент охвата капитальным и текущим ремонтом двигателей машин данной марки;

$K_z$  – поправочный коэффициент, учитывающий климатическую зону,  $K_z = 1,0$ ;

$K_{д\gamma}$  – поправочный коэффициент, учитывающий категорию дорожных условий,  $K_{д\gamma} = 1,0$

Плановую трудоемкость капитального ремонта двигателей данной марки находят по выражению (3.2):

$$T_{KP} = N_{KP} \cdot h \quad (2.2)$$

где  $h$  – плановая трудоемкость капитального ремонта двигателя данной марки;

Результаты расчетов сведены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Результаты расчета числа и трудоемкости КР

| Марка ДВС        | $N_M$ ,<br>шт. | $\alpha_{\text{оос}}$ | $K_3$ | $K_{\text{ДУ}}$ | $N_{\text{КР}}$<br>шт. | $h$ ,<br>чел-ч | $T_{\text{КР}}$ ,<br>чел-ч |
|------------------|----------------|-----------------------|-------|-----------------|------------------------|----------------|----------------------------|
| ЯМЗ-238АК        | 6              | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 2                      | 84.73          | 186,4                      |
| John Deere       | 17             | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 7                      | 84.95          | 654,12                     |
| ЯМЗ-236ДК        | 13             | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 5                      | 84.73          | 466,02                     |
| ЯМЗ-238АМ        | 9              | 0.40                  | 1.0   | 1.0             | 4                      | 84,73          | 372,81                     |
| <u>JohnDeere</u> | 8              | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 3                      | 84,95          | 280,34                     |
| ЯМЗ-240НП        | 24             | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 10                     | 89.93          | 989,23                     |
| Д-240            | 20             | 0,30                  | 1,0   | 1,0             | 6                      | 76.25          | 503,25                     |
| А-41             | 19             | 0,30                  | 1,0   | 1,0             | 6                      | 74.83          | 493,88                     |
| ЯМЗ-238          | 12             | 0,50                  | 1,0   | 1,0             | 6                      | 84,73          | 559,22                     |
| ЯМЗ-238М2        | 27             | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 11                     | 84,73          | 1025,23                    |
| D2866            | 24             | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 10                     | 68,95          | 758,45                     |
| ЯМЗ-238М2        | 6              | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 3                      | 84,73          | 279,61                     |
| ЗМЗ              | 26             | 0,50                  | 1,0   | 1,0             | 11                     | 62,35          | 754,44                     |
| ЗМЗ              | 34             | 0,40                  | 1,0   | 1,0             | 13                     | 62,35          | 891,61                     |
| УМЗ              | 12             | 0,50                  | 1,0   | 1,0             | 6                      | 64,96          | 428,74                     |
| Итого            | 257            |                       |       |                 | 103                    |                | 8643,35                    |

Таким образом, программа КР двигателей составит 103 ремонта, трудоемкость работ 8644 чел.-ч.

Для упрощения дальнейших расчетов, программа в физическом выражении приводится к объекту-представителю. В данном случае, за объект-представитель взят ЯМЗ-238 как преобладающий в зоне охвата. Коэффициенты приведения для каждой марки двигателей определяются из соотношения трудоемкости приводимого объекта ремонта к трудоемкости объекта-представителя. Это отражается следующим выражением (2.3):

$$k_{np}^i = \frac{h_i}{h_{np}} \quad (2.3)$$

где  $h_i$  - трудоемкость ремонта  $i$ -й марки двигателя;

$h_{np}$  - трудоемкость ремонта двигателя-представителя.

Результаты расчета сведены в таблице 2.2

Таблица 2.2– Результаты расчета

| Марка ДВС        | $N_{KP}$ , шт. | $h$ , чел-ч | $K_{np}$ | $N_{np}$ , усл. ед. |
|------------------|----------------|-------------|----------|---------------------|
| ЯМЗ-238АК        | 2              | 84.73       | 1,0      | 2                   |
| John Deere       | 7              | 84.95       | 1,1      | 8                   |
| ЯМЗ-236ДК        | 5              | 84.73       | 1,0      | 5                   |
| ЯМЗ-238АМ        | 4              | 84,73       | 1,0      | 4                   |
| <u>JohnDeere</u> | 3              | 84,95       | 1,1      | 3                   |
| ЯМЗ-240НП        | 10             | 89.93       | 1,1      | 11                  |
| Д-240            | 6              | 76.25       | 0,95     | 6                   |
| А-41             | 6              | 74.83       | 0,9      | 6                   |
| ЯМЗ-238          | 6              | 84,73       | 1,0      | 6                   |
| ЯМЗ-238М2        | 11             | 84,73       | 1,0      | 11                  |
| D2866            | 10             | 68,95       | 0,8      | 8                   |
| ЯМЗ-238М2        | 3              | 84,73       | 1,0      | 3                   |
| ЗМЗ              | 24             | 62,35       | 0,75     | 18                  |
| УМЗ              | 6              | 64,96       | 0,77     | 5                   |
| Итого            | 103            |             |          | 96                  |

Принимаем к расчету 100 единиц.

Трудоемкость ТР может быть определена по выражению (2.4):

$$T_{TP} = N_{TPприв.} * h, \text{ чел.-ч.} \quad (2.4)$$



где  $N_{\text{ТР}}$  – количество ТР двигателя, ед; принимаем из условия:  $N_{\text{ТР}} = 2 \cdot N_{\text{КР}}$ .

$h$  – трудоемкость текущего ремонта объекта-представителя, чел.-ч.

$h = 28.64$  чел.-ч.[8]

$$T_{\text{ТР}} = 2 \cdot 100 \cdot 28,64 = 5728 \text{ чел.-ч.}$$

Таким образом, трудоемкость ремонтных работ по КР и ТР составит:

$$T = 8644 + 5728 = 14372 \text{ чел.-ч.}$$

### 2.3 Расчет численности рабочих

Примем одну смену продолжительностью 8 часов при 5-ти дневной рабочей неделе.

Номинальный годовой фонд времени работы рабочих и оборудования определяется по формуле (3.5):

$$\Phi_{\text{Н}} = (D_{\text{Р}} \cdot t_{\text{СМ}} - D_{\text{П}} \cdot t_{\text{С}}), \quad (2.5)$$

где  $D_{\text{Р}} = 253$  – число рабочих дней в году;

$t_{\text{СМ}}$  – продолжительность смены,  $t_{\text{СМ}} = 8,2$  ч. – для нормальных условий труда;  $t_{\text{СМ}} = 7,2$  ч. – для вредных условий труда;

$D_{\text{П}} = 7$  – число праздничных дней в году;

$t_{\text{С}} = 1$  ч. – время сокращения смены в предпраздничные дни.

$$\Phi_{\text{Н} 8,2} = (253 \cdot 8,2 - 7 \cdot 1) = 2067,6 \text{ ч.}$$

$$\Phi_{\text{Н} 7,2} = (253 \cdot 7,2 - 7 \cdot 1) = 1814,6 \text{ ч.}$$

Действительный годовой фонд времени работы рабочего:

$$\Phi_{\text{ДР}} = (\Phi_{\text{Н}} - D_{\text{О}} \cdot t_{\text{СМ}}) \cdot \eta_{\text{Р}}, \quad (2.6)$$

где  $D_0 = 24$  дня – длительность отпуска в году;

$\eta_p = 0,96; 0,97$  – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени.

$\Phi_{др1} = (1814,6 - 24 \cdot 7,2) \cdot 0,96 = 1576,1$  ч. - маляры-пультверизаторщики;

$\Phi_{др2} = (2067,6 - 24 \cdot 8,2) \cdot 0,97 = 1814,7$  ч. - газо- и электросварщики, кузнецы, медники, мотористы-испытатели;

$\Phi_{др3} = (2067,6 - 18 \cdot 8,2) \cdot 0,97 = 1862,4$  ч. - грунтовщики, мойщики, регулировщики, электромонтеры;

$\Phi_{др4} = (2067,6 - 15 \cdot 8,2) \cdot 0,97 = 1886,3$  ч. - прочие (слесари, станочники и т.д.).

Определим действительный годовой фонд времени работы оборудования по формуле (2.7):

$$\Phi_{до} = \Phi_k \cdot \eta_o \cdot n, \quad (2.7)$$

где  $\eta_o = 0,97..0,98$ - коэффициент использования оборудования;

$n = 1$  – число смен.

$\Phi_{до1} = 1814,6 \cdot 0,97 \cdot 1 = 1760$  ч. – окрасочное;

$\Phi_{до2} = 2067,6 \cdot 0,97 \cdot 1 = 2006$  ч. - моечное, сварочное;

$\Phi_{до3,4} = 2067,6 \cdot 0,98 \cdot 1 = 2026$  ч. - испытательное, кузнечное, термическое, металлорежущее, сборное, гальваническое.

Трудоёмкость ремонтных работ определяем по действующим нормативам средних трудовых затрат. При этом учитываем возможность или целесообразность выполнения некоторых видов работ на других предприятиях.

Трудоёмкость работ по капитальному корректируем в зависимости от заданной производственной программы.

$$T_{\text{кр}} = T_{\text{пр}} \cdot K_{\text{к}}, \quad (2.8)$$

где

$T_{\text{кр}} = 8644$  – плановая годовая трудоемкость капитального ремонта, чел.-ч. (таблица 3.2);

$K_{\text{к}} = 1,3$  – коэффициент корректировки ( $W < 500$  шт.) [18].

$$T_{\text{пркр}} = 8644 \cdot 1,3 = 11237 \text{ чел.-ч.}$$

Трудоемкость текущего ремонта не корректируется, так как состав работ по ТР является не постоянным.

Общая годовая трудоемкость КР и ТР составит:

$$T_{\text{Г}} = T_{\text{кр}} + T_{\text{тр}}, \quad (2.9)$$

где  $T_{\text{Г}}$  – годовая трудоёмкость;

$$T_{\text{Г}} = 11237 + 5728 = 16965 \text{ чел.-ч.}$$

В соответствии с принятой структурой и составом участка рассчитываем и распределяем годовой объём ремонтных работ между подразделениями (таблица 3.3). Количество производственных рабочих рассчитываем по формуле:

$$P = \frac{T_{\text{Г}}}{\Phi_{\text{др}}}, \quad (2.10)$$

где  $T$  – годовая трудоёмкость работ, чел.-ч.;  $\Phi_{\text{др}}$  – действительный годовой фонд времени рабочего, ч.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.3



Таблица 2.3- Трудоемкость работ и количество производственных рабочих

| Виды работ                              | Средний разряд | Трудоемкость, чел.-ч. на программу | Действительный годовой фонд времени рабочего, ч | Количество рабочих, чел |          |
|-----------------------------------------|----------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|----------|
|                                         |                |                                    |                                                 | Расчётное               | Принятое |
| Наружная мойка                          | 1,0            | 67,86                              | 1862,3                                          | 0,03                    | 1        |
| Разборка и мойка деталей                | 2,0            | 2884,1                             | 1886,3                                          | 1,5                     |          |
| Дефектация деталей                      | 5,0            | 712,5                              | 1886,3                                          | 0,4                     | 2        |
| Комплектование                          | 3,0            | 729,5                              | 1886,3                                          | 0,4                     |          |
| Станочные                               | 4,0            | 1085,8                             | 1886,3                                          | 0,6                     |          |
| Сварочно-наплавочные                    | 3,0            | 661,6                              | 1814,7                                          | 0,3                     |          |
| Полимерные                              | 3,0            | 475                                | 1862,4                                          | 0,2                     | 1        |
| Кузнечно-термические                    | 3,0            | 322,3                              | 1814,7                                          | 0,1                     |          |
| Медницкие                               | 3,0            | 271,4                              | 1814,7                                          | 0,1                     |          |
| Электротехнические                      | 3,0            | 390,2                              | 1862,4                                          | 0,2                     |          |
| Сборка агрегатов                        | 4,0            | 7770                               | 1886,3                                          | 4,1                     | 4        |
| Обкатка                                 | 4,0            | 1085,8                             | 1814,7                                          | 0,5                     | 1        |
| Устранение неисправностей после обкатки | 4,0            | 169,7                              | 1814,7                                          | 0,08                    |          |
| Окрасочные                              | 2,0            | 339,4                              | 1576,1                                          | 0,2                     |          |
| Итого на участке                        |                | 16965                              |                                                 | 8,71                    | 9        |

Принимаем количество производственных рабочих – 9 человек.

Количество вспомогательных рабочих принимаем в процентном отношении к количеству производственных рабочих

$$РВСП = РО \cdot 14\% = 9 \cdot 0,14 = 1,26, \text{ принимаем} = 1 \text{ чел.}$$

Таким образом, в результате расчётов общее количество работающих на участке составит 10 чел.

## 2.4 Подбор технологического оборудования и расчет площади участка

На основании отраслевых рекомендаций [ 18 ] подбираем технологическое оборудование для моторного участка. В графе площадь не приводим площади настольного оборудования.

Площадь участка определяем из суммарной площади, занимаемой оборудованием по выражению

$$F_{\text{уч}} = K_{\text{пл}} \cdot \sum F_{\text{об}}, \text{ м}^2 \quad (2.11)$$

где  $\sum F_{\text{об}}$  – суммарная площадь, занимаемая оборудованием (таблица 2.4);

$K_{\text{пл}}$  – коэффициент плотности расстановки оборудования, принимаем по рекомендациям,  $K_{\text{пл}} = 4 \dots 4,5$ , принимаем  $K_{\text{пл}} = 4,5$

Таким образом, площадь участка составит:

$$F_{\text{уч}} = 4,5 \times 61,7 = 280 \text{ м}^2.$$

По строительным нормам производственные помещения строятся с учетом сетки колонн. Ближайшими приемлемыми размерами будут 18х24м. Таким образом, с учетом принятой сетки колонн площадь участка принимаем:

$$F_{\text{уч}} = 18 \times 24 = 432 \text{ м}^2.$$

Оборудование для участка выбираем исходя из технологических требований на выполнение работ на участке, а также имеющегося оборудования, все данные заносим в таблицу 2.4.

Таблица 2.4- Ведомость оборудования

| №<br>На<br>План.                    | Наименование                                   | Модель или тип   | Габаритные<br>размеры, мм | Количество |
|-------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|---------------------------|------------|
| Разборочно-моечное отделение        |                                                |                  |                           |            |
| 1                                   | Моечная машина                                 | ОМ-4610          | 3500x2500                 | 1          |
| 2                                   | Ванна моечная                                  | ОМ-3996          | 1150x662                  | 1          |
| 3                                   | Стенд для разборки и сборки двигателей ЯМЗ-240 | -                | 1500x1400                 | 1          |
| 4                                   | Стенд для разборки и сборки двигателей ЯМЗ-238 | -                | 1400x1500                 | 1          |
| 5                                   | Верстак слесарный на 2 рабочих места           | ОРГ-1468-01-070А | 2400x800                  | 1          |
| 6                                   | Шкаф для монтажных приспособлений              | ОРГ-1603         | 1590x360                  | 1          |
| 7                                   | Тележка для транспортировки узлов              | ОРГ-7353         | 1210x800                  | 1          |
| Отделение дефектации и комплектации |                                                |                  |                           |            |
| 8                                   | Стол для дефектовки деталей                    | ОРГ-1460-040А    | 2400x800                  | 2          |
| 9                                   | Шкаф для монтажных приспособлений              | ОРГ-1603         | 1590x360                  | 2          |
| 10                                  | Плита поверочная                               | ГОСТ-10905-86    | 600x500                   | 1          |
| 11                                  | Шкаф для инструмента                           |                  | 1500x400                  | 1          |
| 12                                  | Подставка под контейнер                        | Цеховая          | 500*500                   | 4          |
| Слесарное отделение                 |                                                |                  |                           |            |
| 13                                  | Станок токарно-винторезный                     | 1М63             | 4950x1690                 | 1          |
| 14                                  | Станок расточной                               | 2Е78П            | 2300x1255                 | 1          |
| 15                                  | Станок фрезерный универсальный                 | 6Р81Ш            | 2300x1950                 | 1          |
| 16                                  | Станок вертикально-сверлильный                 | 2Н135            | 1240x810                  | 1          |
| 17                                  | Станок обдирочно-шлифовальный                  | 3Б631            | 600x350                   | 1          |
| 18                                  | Станок крглошлифовальный                       | 3Д4230           | 3500x1500                 | 1          |
| 19                                  | Пресс гидравлический                           | П6330            | 1500x1500                 | 1          |
| 20                                  | Станок хонинговальный                          | 6Р657            | 1280x810                  | 1          |
| 21                                  | Верстак слесарный на 1 рабочее место           | ОРГ-5126         | 1600x430                  | 2          |



Продолжение таблицы 2.4

| 1                                  | 2                                                  | 3                | 4         | 5 |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|-----------|---|
| 22                                 | Шкаф для инструмента и монтажных приспособлений    | ОРГ-5126         | 1600x430  | 1 |
| 23                                 | Тележка для перевозки узлов                        | ПТ-004           | 1400x500  | 1 |
| 24                                 | Кран-балка, 1 т                                    | КП-1             | -         | 1 |
| Сварочное отделение                |                                                    |                  |           |   |
| 25                                 | Установка для наплавки                             | У-877М           | 2000x1200 | 1 |
| 26                                 | Сварочный полуавтомат                              | ВДУ-505          | 600x500   | 1 |
| 27                                 | Печь для термообработки                            | КМ               | 700x900   | 1 |
| 28                                 | Установка для закалки ТВЧ                          | УВП-500          | 700*700   | 1 |
| 29                                 | Ванна для охлаждения деталей                       | -                | 1500x700  | 2 |
| 30                                 | Подставка для деталей                              | -                | 1000x800  | 2 |
| Сборочное отделение                |                                                    |                  |           |   |
| 31                                 | Стенд для разборки и сборки двигателей ЯМЗ-238,240 | -                | 1500x1400 | 2 |
| 32                                 | Верстак слесарный на 2 рабочих места               | ОРГ-1468-01-070А | 2400x800  | 1 |
| 33                                 | Шкаф для монтажных приспособлений                  | ОРГ-1603         | 1590x360  | 2 |
| 34                                 | Тележка для перевозки узлов                        | ОРГ-7353         | 1210x800  | 2 |
| 35                                 | Кран-балка, 3 т                                    | КП-3             | -         | 1 |
| 36                                 | Станок сверлильный настольный                      | СН16             | -         | 1 |
| 37                                 | Установка для нагрева деталей                      | МА-10.5          | 500*500   | 1 |
| 38                                 | Пресс гидравлический 0,5 т                         | ПГ-0,5           | 600x500   | 1 |
| Контрольно-испытательное отделение |                                                    |                  |           |   |
| 39                                 | Обкатно-тормозной стенд                            | КН-2139Б         | 1270x560  | 2 |
| 40                                 | Верстак слесарный на 2 рабочих места               | ОРГ-1468-01-070А | 2400x800  | 1 |
| 41                                 | Шкаф для инструмента и монтажных приспособлений    | ОРГ-5126         | 1600x430  | 1 |
| 42                                 | Стеллаж для деталей и запасных частей              | ОРГ-1468-05-230А | 1400x500  | 1 |
| 43                                 | Кран-балка, 3 т                                    | КП-3             | -         | 1 |

Окончательным этапом проектирования участка по ремонту ДВС является разработка технологической планировки.

Производственные площади, полученные расчетным путем, необходимо привести в соответствие с нормами технологического проектирования предприятий ТС.

На основании схемы производственного процесса, выбранного ранее технологического оборудования и оргоснастки производится его расстановка по плану. Участки оснащены необходимым технологическим оборудованием, которое размещается в соответствии со схемой грузопотока.

При размещении технологического оборудования необходимо соблюдать нормы проходов и расстояний, но при этом с максимально возможным использованием рабочей зоны и возможностью доступа к оборудованию подъемно-транспортных средств.

Технологическая планировка участка по ремонту двигателей типа ЯМЗ представлена на рисунке 2.2.

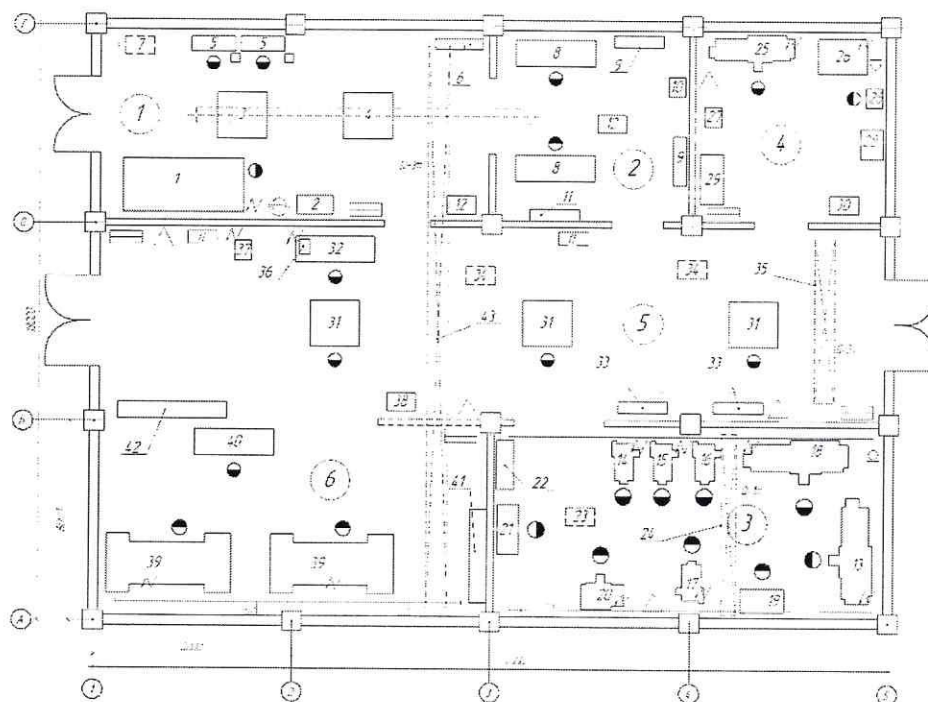


Рисунок 2.2 – Технологическая планировка участка по ремонту ДВС

## **2.5 Разработка технологического процесса ремонта коленчатого вала двигателя Д-245**

### **2.5.1 Обоснование необходимости разработки технологии**

При выполнении текущего и капитального ремонта машин, эксплуатирующихся в сельском хозяйстве, одной из наиболее ответственных сборочных единиц является двигатель внутреннего сгорания. Осуществляя тот или иной вид ремонта данного агрегата необходимо отметить, что по повторяемости дефектов одной из наиболее сложных и ответственных деталей является коленчатый вал. Анализ литературы показывает, что для различных типов валов ремонт способом ремонтных размеров осуществляется в 50...60 % случаев на специализированных ремонтных предприятиях и 65...75 % на предприятиях типа сельхозтехника специализированных мастерских хозяйств. Исходя из вышесказанного, разработка технологического процесса ремонта коленчатых валов является актуальной и требующей решения.

При достижении определённой величины износа шеек, вал необходимо восстанавливать. Восстановления коленчатых валов представляет актуальную и не до конца решённую задачу ремонтного производства. У поступающих в ремонт коленчатых валов при дефектации обнаруживается множество различных дефектов, но при этом до 95 % всех дефектов валов приходится на коренные и шатунные шейки. Поэтому решение вопроса о ремонте шеек коленчатых валов представляет собой наиболее важную задачу. В качестве изделия представителя выбираем коленчатый вал (Каталожный номер: 245-1005015-А) двигателя Д-245. При разработке технологического процесса его ремонта необходимо учитывать оснащение данного предприятия и его технологические возможности.



### 2.5.2 Дефекты коленчатого вала

Одни из основных и преобладающих дефектов коленвалов это их деформации: изгиб, удлинение или укорачивание, угловое или линейное смещение кривошипов. Деформацию коленчатых валов можно подразделить на основные виды: динамическую, статическую, естественную (обычную в среднем у более чем 85% валов) и аварийную (у 8-15% валов).

Основные динамические деформации валы получают от сил инерции шатунно-поршневой группы. Деформация увеличивается с повышением нагрузок на двигатели и частоты вращения валов.

Естественные износы шеек обычно составляют 30-90 мкм, а максимальные, обычно, не превосходят 150 мкм. В капитальный ремонт могут приходить ДВС, износ коленвалов у которых, не ощущается (от до 20 % валов) и им как правило назначают лишь полировку коренных шеек.

Кроме естественных, у коленвалов часто приходится наблюдать износы коренных и шатунных шеек с четко выраженным аварийным характером. На таких шейках как правило присутствуют визуально определяемые следы задиров, заклиниваний (часто цвета побежалости) или большие односторонние износы. Под аварийными износами шеек коленвалов автомобильных и тракторных ДВС понимают износы в пределах 200-300 мкм, причем с выраженными признаками повреждения шеек.

Аварийные износы являются результатом схватывания (заедания, задиров) поверхностей. Схватывание является самым опасным видом износа и сопровождается не только аварийным характером поверхностей трения, но может быть причиной и приводит к заклиниванию и излому деталей. При схватывании твердых поверхностей (например, закаленная сталь по закаленной стали) происходит приблизительно одинаковое их повреждение. В случае если трущиеся пары изготовлены из различных металлов, то как правило быстрее изнашивается та деталь, которая изготовлена из материала с меньшей твердостью, поскольку ее металл налипает (переносится) на деталь с большей твердостью. Схватывание обычно происходит по причинам

масляного голодания трущихся пар; высоких удельных нагрузок и скоростей скольжения; перекосах и деформациях деталей и др. [11]

### **2.5.3 Выбор и анализ способа ремонта**

Выбирают способ восстановления деталей с учетом характера, величины и места расположения дефектов, материала деталей, нагрузочных и температурных условий работы восстанавливаемых поверхностей, класса чистоты их обработки, производственных возможностей предприятий, для которых разрабатывается технология.

Основные оценочные критерии эффективности выбранного способа — полное восстановление физико-механических свойств, геометрических форм и размеров детали, обеспечивающих ее срок службы не менее чем до следующего капитального ремонта, стоимость восстановления детали должна быть меньше стоимости новой детали.

В настоящее время при восстановлении деталей в зависимости от характера и производственной программы ремонтного предприятия применяют методы: ручной, механизированный, виброконтактный и автоматический под слоем флюса электродуговых наплавов, гальванических покрытий (хромирование, осталивание), газовой сварки и наплавки, пластической деформации, обработки поверхностей под ремонтные размеры.

Из этих способов такие, как вибродуговая и автоматическая наплавки под слоем флюса и др. гальванические покрытия, которые обеспечивают высокое качество восстанавливаемых деталей можно более эффективно применять при сравнительно большой программе восстановления деталей. В условиях специализированных ремонтных предприятий применению этих способов должно быть отдано предпочтение.

Во всех случаях для выбора наиболее целесообразного способа восстановления из нескольких вариантов, обеспечивающих требуемое качество детали, необходимо сопоставление цеховой себестоимости при разных способах восстановления. Рассчитывать себестоимость



восстановления детали можно с различной точностью, которая будет определяться главным образом степенью точности в исчислении накладных расходов.

Известно, что цеховая себестоимость восстановления детали складывается из прямых и косвенных расходов. К прямым относятся зарплата производственных рабочих и стоимость материалов, энергии и других средств, израсходованных на восстановление детали. Производственная зарплата определяется расчетом прямой зарплатой путем умножения тарифной почасовой ставки соответствующего разряда работы на техническую норму времени по отдельным операциям и расчетом дополнительной зарплатой и начисления на зарплату по соцстрахованию.

Стоимость расхода материалов определяют произведением преysкурантной цены на норму расхода соответствующих материалов по каждому маршруту. Нормы затрат труда и материалов устанавливают после разработки технологического процесса режимов работы.

К цеховым накладным расходам относятся: отчисления на амортизацию оборудования, приспособлений и инструмента, зданий и сооружений, на содержание и ремонт оборудования, ремонт зданий и сооружений, силовую и осветительную электроэнергию и топливо, на содержание административно-технического персонала, служащих, вспомогательных рабочих и младшего обслуживающего персонала.

Часть этих расходов находится в прямой зависимости от способа восстановления и обработки детали, например отчисления на амортизацию применяемого оборудования, приспособлений и инструмента; расходы на силовую электроэнергию и топливо и т.п. Часть же накладных расходов — в малой зависимости от способа восстановления и применяемого оборудования (расходы, связанные с эксплуатацией цеховых зданий и сооружений, содержанием административно-технического персонала; расходы на осветительную электроэнергию и на топливо для отопления).



Точный расчет стоимости восстановления той или иной детали различными способами обычно весьма затруднителен. Поэтому для исчисления стоимости восстановления детали рекомендуется пользоваться приближенными значениями накладных расходов, учитывая лишь те из них, которые в значительной степени зависят от методов восстановления и обработки. Большей частью для таких расчетов могут быть использованы средние данные за прошлые годы.

Процент накладных расходов по отношению к производственным затратам не определяет характера организации производственного процесса, а зависит от ряда существенных факторов, в том числе и от степени механизации производственных процессов, соотношения числа административно-технических работников и производственных рабочих, состояния производственного оборудования и помещений. Механизация производственных процессов приведет к уменьшению числа рабочих, что при сохранении общецеховых расходов обусловит относительное увеличение накладных расходов.

В основе расчета стоимости восстановления детали — цеховые затраты — прямые, технологические и накладные. Все цеховые затраты, связанные с восстановлением детали различными способами, можно разделить на две категории.

Затраты (А), величина которых существенно зависит от способа восстановления детали; это — заработная плата производственных рабочих, стоимость материалов (электродов, металла и т. п.) и следующие накладные расходы: амортизация технологического оборудования, инструмента и приспособлений, применяемых при данном способе восстановления, а также расходы, связанные с эксплуатацией оборудования, приспособлений и инструмента (стоимости их ремонта, электроэнергии, мелкого инструмента и т. п.). Величины этих затрат могут быть определены более точно

Затраты (В), не зависящие или зависящие в весьма малой степени от способа восстановления детали, например амортизации зданий и других

сооружений, стоимость их содержания, стоимость осветительной электроэнергии, заработная плата цехового инженерно-технического персонала и другие общецеховые расходы.

Выбор рационального способа необходим для обеспечения требуемых характеристик поверхности, формы и точности после восстановления при условии минимально возможных трудоемкости и себестоимости.

Проблема качественного ремонта коленчатых валов остаётся пока не решённой, о чём говорит многообразие применяемых на авторемонтных заводах способов восстановления. В основном это способы перешлифовки валов под ремонтные размеры (РР) и различные виды наплавки.

Для устранения износа коренных и шатунных шеек необходимо выбрать наиболее рациональный способ, то есть технически обоснованный и экономически целесообразный.

Данный технологический процесс разрабатывается для условий научно-производственного центра с небольшой программой ремонта. Этот центр не имеет какого-либо специального оборудования для восстановления коленчатых валов, а покупка такого оборудования при малой программе ремонта в настоящее время экономически нецелесообразна. Поэтому восстанавливать коленчатые валы в таких условиях затруднительно. В то же время до 75 % всех валов можно отремонтировать перешлифовкой их шеек до одного из размеров ремонтной группы. Для этого не требуется никакого специального оборудования кроме круглошлифовального станка. В мастерской имеется круглошлифовальный станок марки 3А423, на котором можно осуществлять ремонт коленчатых валов способом перешлифовки коренных и шатунных шеек до одного из ремонтных размеров. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в данной мастерской можно осуществлять качественный ремонт большинства неисправных коленчатых валов самым недорогим на сегодняшний день способом ремонтных размеров.

Способ ремонтных размеров заключается в том, что одну из сопрягаемых деталей, в данном случае коленчатый вал, как наиболее



сложную и дорогостоящую, ремонтируют механической обработкой (шлифовкой) до заранее заданного ремонтного размера, а вкладыш подшипника, как более простую и дешёвую, заменяют новой деталью соответствующего ремонтного размера. При этом полностью восстанавливается работоспособность сопряжения, так как обработка под ремонтный размер осуществляется с теми же допусками, с которыми изготавливаются новые детали. Назначение ремонтных размеров должно проводиться в пределах, обеспечивающих достаточную прочность деталей. Последний (предельный) ремонтный размер ограничен предельно допустимым размером детали, установленным техническими условиями на ремонт. Для коленчатого вала двигателя Д245 установлен ряд ремонтных размеров шатунных и коренных шеек. Номинальные и ремонтные размеры шатунных и коренных шеек приведены в таблице 2.2 и 2.3.

Таблица 2.5 – Номинальные размеры шеек коленчатого вала 245-1005015-А

| Обозначение | Диаметр шейки вала, мм |                       |
|-------------|------------------------|-----------------------|
|             | коренной               | шатунной              |
| 1Н          | -0,082<br>75,25-0,101  | -0,077<br>68,25-0,096 |
| 2Н          | -0,082<br>75,00-0,101  | -0,077<br>68,00-0,096 |

Таблица 2.6 – Ремонтные размеры шеек коленчатого вала 245-1005015-А

| Обозначение | Диаметр шейки вала, мм |                       |
|-------------|------------------------|-----------------------|
|             | Коренные               | Шатунные              |
| Д1          | -0,082<br>74,75-0,101  | -0,077<br>67,75-0,096 |
| Р1          | -0,082<br>74,50-0,101  | -0,077<br>67,50-0,096 |
| Д2          | -0,082<br>74,25-0,101  | -0,077<br>67,25-0,096 |
| Р2          | -0,082<br>74,00-0,101  | -0,077<br>67,00-0,096 |
| Д3          | -0,082<br>73,75-0,101  | -0,077<br>66,75-0,096 |
| Р3          | -0,082<br>73,50-0,101  | -0,077<br>66,50-0,096 |
| Д4          | -0,082<br>73,25-0,101  | -0,077<br>66,25-0,096 |
| Р4          | -0,082<br>73,00-0,101  | -0,077<br>66,00-0,096 |



Способ ремонтных размеров отличается простотой, сравнительно низкой стоимостью, технологичностью и доступностью. При ремонте шеек этим способом их твёрдость и сопротивление усталости должны находиться в пределах 80...90 % от соответствующих параметров новых валов. Данный способ решает проблему восстановления работоспособности коленчатых валов в условиях ремонтной мастерской хозяйства. Однако при всех своих достоинствах способ имеет и недостатки:

- уменьшение прочностных характеристик коленчатого вала из-за уменьшения диаметров шеек;
- ограниченность уменьшения размеров шеек в связи с нарушением оптимального режима трения;
- необходимость обеспечить ремонтное производство большой номенклатурой вкладышей ремонтного размера;
- невозможность восстановить стопроцентный ресурс вала, и его уменьшение с увеличением номера ремонтного размера.

Последнее объясняется тем, что твёрдость закалённых ТВЧ шеек уменьшается от поверхности по сечению вала и при шлифовании удаляется наиболее твёрдый слой. Глубина закалённого слоя должна составлять 3...4 мм, но в настоящее время выпускаемые промышленностью коленчатые валы зачастую не проходят качественной закалки ТВЧ. Глубина закалённого слоя обычно составляет от 0,4 до 1,8 мм, причём нижние слои имеют относительно невысокую твёрдость, а поверхностные слои с твёрдостью HRC 56...63 удаляются при перешлифовке.

В связи с этими недостатками и обеспечением более длительного срока эксплуатации коленчатых валов, особое значение приобретают упрочняемые поверхности. В большинстве случаев упрочнение позволяет повысить усталостную прочность валов до уровня новых, а иногда и повысить её на 15...50 %.

В результате всего вышесказанного можно сделать вывод о том, что применение метода ремонтных размеров для восстановления

работоспособности коленчатого вала двигателя ЗМЗ-406, в сочетании с поверхностным упрочнением шеек вала алмазным выглаживанием, обеспечит высококачественный ремонт данной детали.

После определения способа ремонта можно переходить к проектированию его технологического процесса.

#### 2.5.4 Разработка технологического процесса ремонта

Коленчатые валы, поступающие в ремонт, подвергаются мойке и дефектации. В процессе дефектации происходит выбраковка валов не подлежащих ремонту. Выбраковочным признаком служит наличие на шейках коленчатого вала кольцевых трещин или трещин выходящих на галтели. Валы, не исчерпавшие свой ресурс и, соответственно, годные к ремонту перешлифовываются на один из шести ремонтных размеров. При этом необходимо отметить, что перешлифовка одноимённых шеек производится под один и тот же ремонтный размер, независимо от величин износов отдельных шеек. Общая схема ремонта коленчатого вала двигателя Д 245 приведена на рисунке 2.3.

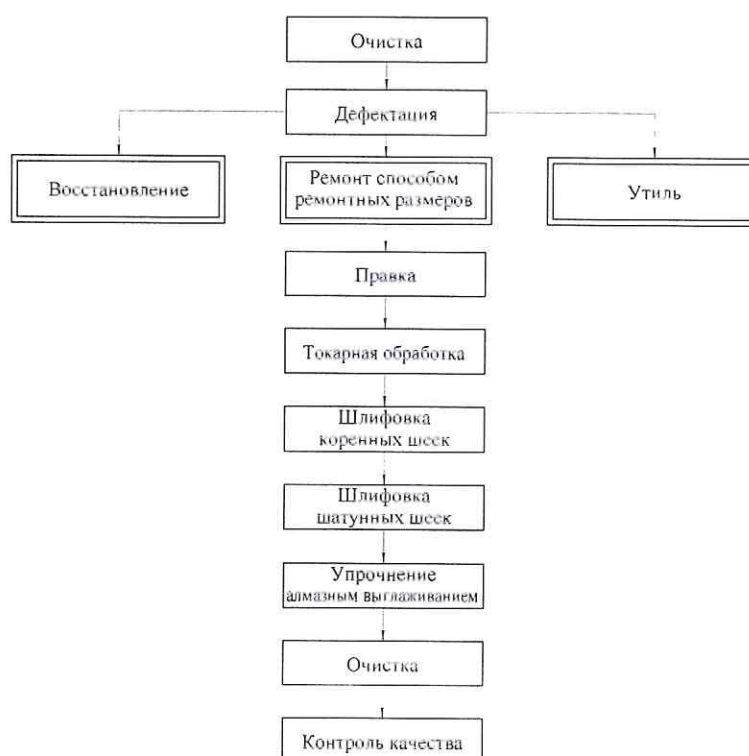


Рисунок 2.3 - Схема ремонта коленчатого вала

Правка вала и его последующая токарная обработка, являются взаимосвязанными операциями, то есть, если нет необходимости в правке вала и его не правят, то и нет необходимости в исправлении центровых фасок. Соответственно токарная обработка не проводится. Годные к ремонту валы подвергаются перешлифовке под один из ремонтных размеров. Сначала шлифуются коренные шейки, затем шатунные. Для финишной обработки шеек коленчатого вала обычно применяется полировка, с помощью которой достигается требуемая шероховатость поверхности. В данном случае полировку заменяет алмазное выглаживание, при помощи которого достигается не только требуемая чистота обработки поверхности шеек, но и значительное упрочнение их поверхностного слоя. Сначала упрочняются коренные шейки, затем шатунные. После упрочнения производится мойка коленчатого вала, при которой удаляются продукты обработки вала, такие как стружка, масло, частицы абразива и тому подобное. Завершающей операцией является контроль качества проведённого ремонта коленчатого вала.

Технологический процесс ремонта коленчатого вала методом обработки под ремонтный размер включает в себя следующие операции:

- 005 Моечная
- 010 Дефектовочная
- 015 Правочная
- 020 Токарная
- 025 Шлифовальная
- 030 Шлифовальная
- 035 Упрочнение
- 040 Упрочнение
- 045 Очистка
- 050 Контрольная



## 2.5.5 Выбор режимов и расчет норм времени выполнения операции

### 005 Моечная

Содержание: загрузить коленчатый вал в контейнер моечной установки, очистить поверхность коленчатого вала от загрязнений.

Оборудование: установка моечная ОМ-14266-ГОСНИТИ.

Материалы и режимы: 1 % раствор каустической соды  $t=90^{\circ}\text{C}$ , водяной пар  $t=120...130^{\circ}\text{C}$

Нормирование:

Технологическая норма времени на операцию определяется по формуле

$$T_n = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}} + (T_{\text{пз}}/n), \quad (2.12)$$

где  $T_n$  – норма времени, мин;

$T_{\text{всп}}$  – вспомогательное время, мин;

$T_o$  – основное время, мин;

$T_{\text{доп}}$  – дополнительное время, мин;

$T_{\text{пз}}$  – подготовительно – заключительное время, мин;

$n$  – количество деталей в партии, шт.

Штучное время на операцию составляет сумма основного, вспомогательного и дополнительного времени, т.е.:

$$T_{\text{шт}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}}, \quad (2.13)$$

Сумма основного и вспомогательного времени составляет оперативное время, т.е.:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{всп}}, \quad (2.14)$$

Дополнительное время определим из выражения:

$$T_{\text{доп}} = (T_{\text{оп}} * K) / 100; \quad (2.15)$$

где  $K$  – процентное отношение дополнительного времени к оперативному,  $K=15$ .

$T_o=20$  мин,  $T_{всп}=3,2$  мин,  $T_{доп}=((20+3,2)*15)/100=3,5$  мин,  
 $T_{шт}=20+3,2+3,5=26,7$  мин,  $T_{пз}=5$  мин,  $T_n=26,7+5=31,7$  мин.

#### 010 Дефектовочная

Содержание: установить вал в призмы, проверить наличие дефектов, при наличии на поверхности вала трещин вал браковать.

Оборудование: стол для дефектации деталей ОРГ-1468-099А-ГОСНИТИ, магнитный дефектоскоп М217.

Приспособление, оснастка, инструмент: призмы П-2-1 ГОСТ-5641-86, секундомер, лупа 6-ти кратного увеличения, выводные контакты, штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-90.

Материал: суспензия магнитная, состав: 25...30 г  $Fe_2O_3$ , 1 л керосина ГОСТ 18499-83.

Режимы:  $U=15$  В,  $I=150$  А.

Нормирование:  $T_{шт}=5$  мин,  $T_{пз}=3,4$  мин,  $T_n=8,4$  мин.

#### 015 Правочная

Содержание: при наличии биения 4-й коренной шейки более 0,20 мм править вал. Установить вал на призмы пресса, выправить вал до биения не более 0,20 мм.

Оборудование: пресс гидравлический ОКС-1671 М.

Приспособление, оснастка, инструмент: призмы для правки 70-7304-1006, стойка индикаторная 70-8731-105А, индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88.

Нормирование:  $T_{шт}=5,6$  мин,  $T_{пз}=6$  мин /22/,  $T_n=5,6+6=11,6$  мин.

#### 020 Токарная

Содержание: установить вал на токарном станке и исправить центровые фаски.

Оборудование: станок токарно-винторезный 1М63.

Приспособление, оснастка, инструмент: резец расточной Т15К6, штатив Ш-ПН-8 ГОСТ 10197-85, индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88.

Режимы: частота вращения вала  $n=160$  мин<sup>-1</sup>, подача ручная.

Нормирование:  $T_{шт}=2,5$  мин,  $T_{пз}=11$  мин,  $T_n=2,5+11=13,5$  мин.

### 025 Шлифовальная

Содержание: закрепить вал в центросместители, шлифовать поверхности коренных шеек до одного из ремонтных размеров в соответствии с таблицей 3.3, в последовательности 1-2-3-4-5.

Оборудование: станок круглошлифовальный 3А423.

Приспособление, оснастка, инструмент: центросместители цеховые, круг шлифовальный ПП 750-305-30 Э46 СМ<sub>2</sub>-СК ГОСТ 2424-82, индикатор часового типа ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88, микрометр МК 75-2 ГОСТ 6507-88, фартук ГОСТ 12.4.029-86, очки защитные.

Материалы: раствор содомыльный 5%.

Режимы: выбор и расчёт режимов работы станка осуществляется по его паспортным данным .

- 1) глубина шлифования 0,1 мм;
- 2) скорость вращения 20 м/мин;
- 3) поперечная подача  $S_{попер}=0,005$  мм/об;
- 4) продольная подача при  $\beta=0,2$  и  $B_k=30$  мм

$$S_{пр}=\beta*B_k, \text{мм/об} \quad (2.16)$$

$$S_{пр}=0,2*30=6 \text{ мм/об};$$

- 5) число проходов

$$i=(D_n-D)/(2*S_{попер}), \quad (2.17)$$

где  $D_n$  – необработанный диаметр, мм;

$D$  – обработанный диаметр, мм;

$$i=0,1/(2*0,005)=10$$

- 6) число оборотов

$$n=318*V_{ок}/D, \quad (2.18)$$

$$n=318*20/65=92 \text{ об}$$

Нормирование:

$$T_o=T_o' * n, \quad (2.19)$$



где  $T_o$  - основное время на обработку одной шейки, мин;

$n$  - число обрабатываемых шеек.

$$T_o = 1,3 * 5 = 6,5 \text{ мин}, T_{всп} = 12 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 12 + 6,5 = 18,5 \text{ мин}, T_{доп} = 0,09 * 18,5 = 1,7 \text{ мин}, T_{пз} = 6 \text{ мин} / 22 /,$$

$$T_{шт} = 6,5 + 12 + 1,7 = 20,2 \text{ мин}, T_n = 20,2 + 6 = 26,2 \text{ мин}$$

### 030 Шлифовальная

Содержание: закрепить вал в центросместители, шлифовать поверхности шатунных шеек до одного из ремонтных размеров в соответствии с таблицей 3.3, в последовательности 2-3, 1-4.

Оборудование: станок круглошлифовальный 3А423.

Приспособление, оснастка, инструмент: центросместители цеховые, круг шлифовальный ПП 750-305-30 Э46 СМ2-СК ГОСТ 2424-82, индикатор часового типа ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88, микрометр МК 75-2 ГОСТ 6507-88, фартук ГОСТ 12.4.029-86, очки защитные.

Режимы: выбор и расчёт режимов работы станка осуществляется по его паспортным данным .

- 1) глубина шлифования 0,1 мм;
- 2) скорость вращения 20 м/мин;
- 3) поперечная подача  $S_{попер} = 0,005$  мм/об;
- 4) продольная подача при  $\beta = 0,2$  и  $B_k = 30$  мм по формуле (2.20)

$$S_{пр} = 0,2 * 30 = 6 \text{ мм/об};$$

- 5) число проходов по формуле (3.6)

$$i = 0,1 / (2 * 0,005) = 10$$

- 6) число оборотов по формуле (3.7)

$$n = 318 * 20 / 56 = 108 \text{ об}$$

Нормирование:

$$T_o = 2,7 * 4 = 10,8 \text{ мин}, T_{всп} = 13,5 \text{ мин} / 22 /$$

$$T_{оп} = 10,8 + 13,5 = 24,3 \text{ мин}, T_{доп} = 0,09 * 24,3 = 2,2 \text{ мин}$$

$$T_{пз} = 6 \text{ мин} / 22 /$$

$$T_{шт} = 10,8 + 2,2 + 13,5 = 26,5 \text{ мин}$$

$$T_n = 26,5 + 6 = 32,5 \text{ мин}$$

### 035 Полирование

Содержание: установить коленчатый вал в центросместители, произвести полирование поверхности шатунных шеек.

Оборудование: станок круглошлифовальный 3А423.

Приспособление, оснастка, инструмент: центросместители цеховые, полировальное устройство.

Режимы :

Подача 0,04 мм/об

Сила полирования 140 Н

Скорость полирования 100 м/мин

Обработка выполняется за один проход

Нормирование:

$$T_o' = 1,7 \text{ мин (на одну шейку)}$$

$$T_o = 5 * 1,7 = 8,5 \text{ мин}$$

$$T_{всп} = 8 \text{ мин /22/}$$

$$T_{оп} = 8,5 + 8 = 16,5 \text{ мин, } T_{доп} = 16,5 * 0,09 = 1,5 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 8,5 + 8 + 1,5 = 18 \text{ мин}$$

$$T_{пз} = 12 \text{ мин / /}$$

$$T_n = 18 + 12 = 30 \text{ мин}$$

### 040 Полирование

Содержание: установить коленчатый вал в центра, произвести полирование поверхности коренных шеек

Оборудование: станок круглошлифовальный 3А423.

Приспособление, оснастка, инструмент: центра цеховые, полировальное устройство

Режимы :

Подача 0,04 мм/об

Сила выглаживания 140 Н

Скорость выглаживания 100 м/мин

Обработка выполняется за один проход

Нормирование:

$$T_o' = 2,5 \text{ мин (на одну шейку)}$$

$$T_o = 4 * 2,5 = 10 \text{ мин}$$

$$T_{всп} = 8 \text{ мин}$$

$$T_{оп} = 10 + 8 = 18 \text{ мин}$$

$$T_{доп} = 18 * 0,09 = 1,6 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = 10 + 8 + 1,6 = 19,6 \text{ мин}$$

$$T_{пз} = 12 \text{ мин /22/}$$

$$T_n = 19,6 + 12 = 31,6 \text{ мин}$$

#### 045 Моечная

Выполняется аналогично операции 005.

#### 050 Контрольная

Содержание: произвести комплексный контроль коленчатого вала: контроль геометрических параметров шеек, формы и расположения поверхностей, шероховатости поверхности шеек, их твёрдости.

Оборудование: стол для дефектации деталей ОРГ-1468-099А-ГОСНИТИ.

Приспособление, оснастка, инструмент: Микрометры МК75 ГОСТ 6507-88; индикатор часового типа ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-88; лупа 6-ти кратного увеличения; образцы шероховатостей ГОСТ 9378-85; твердомер ТК-2М ГОСТ 23677-89.

Нормирование:

$$T_{шт} = 2 \text{ мин}, T_{пз} = 1 \text{ мин}$$

$$T_n = 2 + 1 = 3 \text{ мин}$$

Норма времени на весь технологический процесс ремонта коленчатого вала двигателя Д 245 в мин

$$T_n = \sum T_n,$$

(2.21)



где  $\Sigma T_n$  - сумма норм времени на выполнение каждой операции технологического процесса

$$T_n = 31,7 + 8,4 + 11,6 + 13,5 + 26,2 + 32,5 + 30 + 31,6 + 31,7 + 3 = 220,2 \text{ мин} = 3,7 \text{ ч}$$

Таким образом, в данном разделе рассмотрена наиболее приемлемая схема технологического процесса ремонта коренных и шатунных шеек коленчатого вала двигателя Д-245, рассмотрена каждая операция этого технологического процесса. Представлены содержания этих операций, применяемое оборудование, приспособления и инструмент, выбранные по данной технологии ремонта. Также в рассмотренном выше разделе проведён расчет режимов и норм времени на каждую операцию технологического процесса, установлено, что норма времени на весь технологический процесс ремонта данной детали составляет 3,7 часа.

### 3 РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛИРОВАНИЯ ШЕЕК

#### 3.1 Обоснование необходимости разработки конструкции

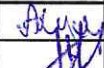
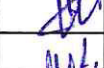
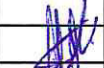
Приспособление предназначено для полирования шеек коленчатых валов в условиях ремонтного производства. Его отличительная особенность заключается в том, что угол обхвата полировальной ленты может изменяться в зависимости от обрабатываемой детали. И как следствие высокая производительность и высокое качество обработки.

Разработанная конструкция имеет ряд преимуществ:

- Простота конструкции, т.е. могут быть использованы непосредственно в ремонтных мастерских, на производстве;
- Универсальность, т.е. возможно использовать с любыми шлифовальными и токарными станками, имеющимися в хозяйстве (на предприятии), а так же без них внутри ремонтной мастерской.

Использование в ремонтной практике наиболее совершенных методов окончательной обработки ремонтируемых деталей обеспечивает оптимальное качество трущихся поверхностей. Под качеством поверхности понимают совокупность геометрических параметров (микрогеометрию, макрогеометрию и направление следов обработки) и физические ее свойства, которые определяются структурой, микротвердостью, глубиной наклепа, остаточными напряжениями, взаимодействием со смазкой и другими свойствами.

Можно шероховатость уменьшить и такими методами обработки, как хонингование, доводка, суперфиниширование. Эти процессы требуют специального, достаточно сложного оборудования, правильно подобранных

|           |      |             |                                                                                     |       |                                      |                              |      |        |
|-----------|------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------|------------------------------|------|--------|
|           |      |             |                                                                                     |       | ВКР.23.03.03.340.20. УПШ.00.00.00 ПЗ |                              |      |        |
| Изм.      | Лист | № документа | Подпись                                                                             | Дата  | Устройство для<br>полирования шеек   | Литера                       | Лист | Листов |
| Разраб.   |      | Кушников    |  | 01.20 |                                      | у                            | 1    | 22     |
| Проверил  |      | Гималтдинов |  | 01.20 |                                      | Казанский ГАУ<br>Каф. Э и РМ |      |        |
| Н. контр. |      | Гималтдинов |  | 01.20 |                                      |                              |      |        |
| Утв.      |      | Адигамов    |  | 01.20 |                                      |                              |      |        |



инструментов и режимов, и оправдывают себя тогда, когда кроме качества обработанной поверхности требуется обеспечить и заданную точность.

Поэтому для улучшения внешнего вида обработанных поверхностей широкое распространение получило полирование, так как оно выполняется на очень простых станках, причем полировальный инструмент можно изготовить из войлока, кожи, ткани и других материалов.

Анализируя эти данные, мы пришли к выводу необходимости разработки полировального устройства для полирования наружных поверхностей цилиндрических деталей.

Исходя из этого для устранения вышеописанных недостатков, в дипломном проекте ставится задача: разработать конструкцию для полирования внешних поверхностей цилиндрических деталей.

### 3.2 Анализ существующих конструкций полировальных установок

Для полирования коленчатых валов существуют различные конструкции полировальных устройств, это в основном ленточно-полировальные устройства.

Известен способ полировки коленчатого вала на специализированном оборудовании – пастой ГОИ одновременно полируются все шейки коленчатого вала с помощью надетых на них подпружиненных хомутов. Известен способ полировки коленчатого вала вибрационно–ленточно-полировальной головкой, установленной на шлифовальном станке (Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981, с. 275-276). Головка состоит из поворотного рычага, несущего ролик и приводной шкив, и постоянно надетой на них бесконечной полировальной ленты, внешней стороной которой производится полирование шейки коленчатого вала.

В последнее время для финишной обработки шеек коленчатых валов двигателей начали применять вибрационно-ленточную полировальную установку марки ОР-13508.000.000.

Она монтируется на станке, на котором ведется шлифование шеек вала. Полирование шеек и галтелей коленчатого вала производят непосредственно

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 2    |



после шлифования каждой шейки. Для полирования используют бесконечную абразивную ленту марки ШВЭС 60Л8, I ЛСВТ ЭС2000ХВСС Э5.8.А2 или бесконечную алмазную ленту ЛЛШБ 1920ХВХ 1,9 -АСО 80/63 - 100% - Р9. Полировальная лента совершает поступательные движения по вращающейся шейке коленчатого вала с относительно большой скоростью и дополнительные колебательные движения с низкой частотой и амплитудой 2-6 мм I в направлении, параллельном оси шейки. Продолжительность полирования шейки и ее галтелей не превышает 10-20с, достигаемая шероховатость поверхности шеек не хуже 9-10-го класса чистоты. Недостатком данной конструкции является малапроизводительность и ограниченные технологические возможности.

К недостаткам вышеизложенных способов следует отнести: в первом случае - применение дополнительного оборудования, во втором - невозможность применения способа для полирования крайних шеек валов с предельными габаритами. В третьем случае - малый угол обхвата полировальной лентой обрабатываемой детали.

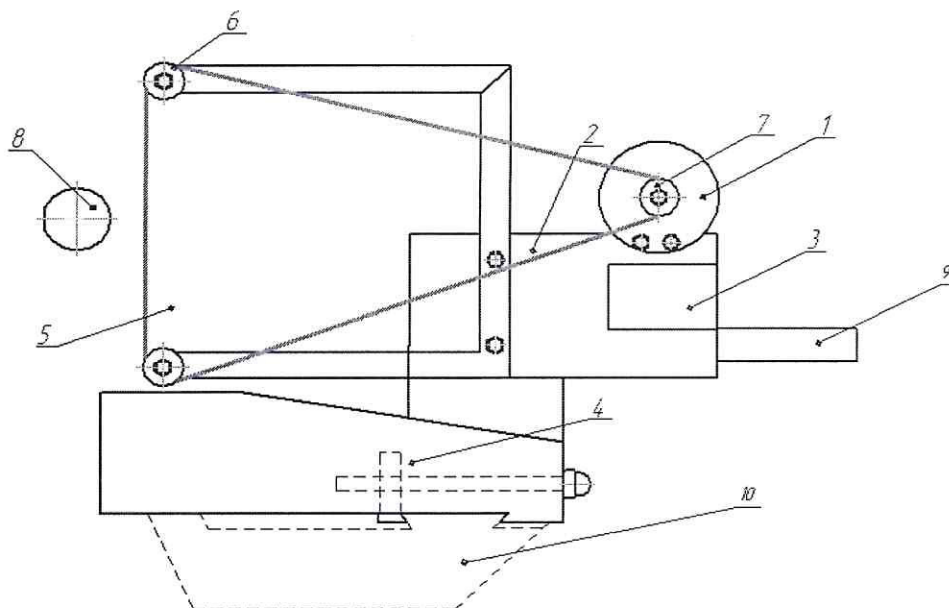
В качестве наиболее близкого аналога изобретения предлагается ленточно-полировальное приспособление по А.С. SU 25064 (В 24 В 21/02, 1982), характеризующееся совокупностью признаков, сходной с существенными признаками предлагаемого изобретения. Приспособление состоит из стойки, поворотного рычага и бесконечной полировальной ленты, надетой на шкив электродвигателя. Обработка производится внешней стороной ленты. Недостатком этого приспособления является малый угол обхвата полировальной лентой обрабатываемой детали и, как следствие, низкая производительность и невысокое качество обработки.

Для устранения выше указанных недостатков этих конструкций предлагаем модернизированное устройство для полирования коленчатых валов общий вид, которого представлен на листе

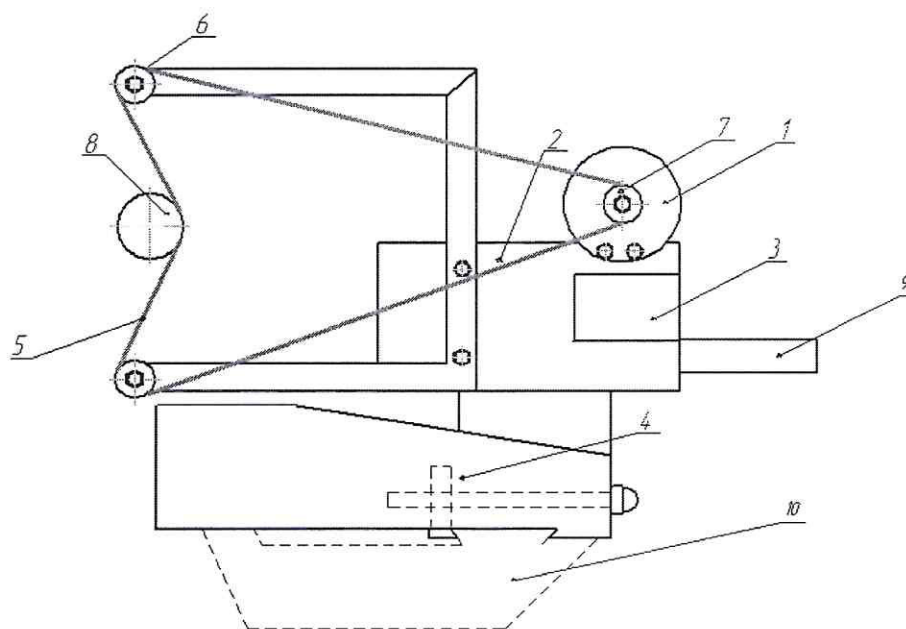
|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 3    |

### 3.3 Устройство и принцип действия приспособления

Предлагаемое приспособление предназначено для полирования коленчатых валов автотракторных двигателей. Схему приспособления приведем на рисунке 3.1.



а) схема закрепления приспособления



б) рабочее положение приспособления

Рисунок 3.1 Схема приспособления

Данное полировальное устройство представляет собой конструкцию, состоящую из рамы 2 которая закреплена на станине 4 с установленным на

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 4    |



ней электродвигателем 1 с ведущим 7 и направляющими 6 роликами. В полировальном приспособлении применено минимальное количество деталей, благодаря чему минимизированы масса изделия и вероятность выхода из строя его узлов. Простая и технологичная конструкция приспособления позволяет легко и быстро провести полирование шеек коленчатого вала, непосредственно после шлифования на круглошлифовальных станках.

Направляющие ролики 3 установлены на валу с помощью подшипников качения, благодаря чему могут свободно вращаться. Также на валу роликов установлена натяжная пружина.

В продольном направлении приспособление перемещается вручную на ползунках, также на ползунке установлена возвратная пружина, которая быстро отводит устройство от детали при снятии усилия оператора.

Полировальная лента совершает поступательное движение относительно вращающейся детали с относительно большой скоростью. Выбор режимов полирования зависит от схемы полирования, требуемого качества поверхности и вида полировальной пасты. Продолжительность полирования детали обычно не превышает 25-35с, достигаемая шероховатость поверхности шеек до 9-10-го класса чистоты. Основными частями установки являются: электродвигатель 1. Поступательное движение ленты осуществляется от электродвигателя 1 со шкива 7, закрепленного неподвижно на электродвигателе.

Устройство работает следующим образом. Для полирования деталей подвижную раму передвигают за рукоятки до соприкосновения с обрабатываемой деталью. В момент подведения абразивной ленты 5 к поверхности детали включаешь электродвигатель для получения поступательного движения абразивной ленты. При этом ее прижимают при помощи рукояток к поверхности обрабатываемой детали 8, при этом натяжные пружины сжимаются и полировальная лента увеличивает

угол обхвата обрабатываемой детали получающего вращательное движение от шпинделя шлифовального станка. Полирование детали вдоль оси производят перемещением стола шлифовального станка.

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 5    |



### 3.4 Расчет конструктивных элементов приспособления

#### 3.4.1 Выбор электродвигателя

При выборе электродвигателя необходимо учитывать касательную силу между деталью и полировальной лентой.

Касательную силу при шлифовании, полировании рассматривают как силу абразивного трения шкурки по металлу. Коэффициент абразивного трения изменяется в пределах 0,2...0,6 и зависит главным образом от металла и затупления абразивов в соответствии со следующей формулой

$$f_{ш} = (0,42 + 0,19\sqrt{d_i})a_n a_p \quad (3.1)$$

где  $d_i$  – размер абразивного зерна основной фракции зернистости, мм;

$a_n$  – коэффициент по металлу (сталь – 1);

$a_p$  – коэффициент затупления (острая наждачная бумага – 1,3; средней остроты – 1; тупая – 0,8).

На рисунке 3.2 показана схема полирования на ленточном полировальном устройстве, включающем приводной 1 и направляющие 4 ролики, склеенную бесконечную полировальную ленту 2 и обрабатываемая деталь 3.

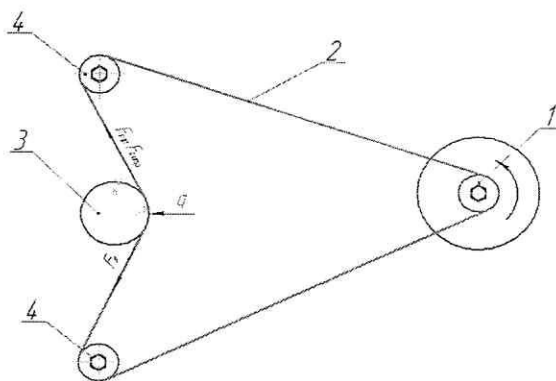


Рисунок 3.2 Схема полирования

В результате врезания абразивов на металл действует касательная сила резания  $F_x$ , а на полировальную ленту – силы сопротивления  $F_{сопр}$  и  $F_{тр}$  (сила трения скольжения детали по ленте). Суммарная сила сопротивления

$$F_{xc} = q F f_{ш} \quad (3.2)$$

$$F_{xc} = 0,003 * 600 * 0,3 = 0,54 \text{ кН}$$

где  $q$  – удельное давление, МПа;

$F$  – площадь контакта ленты с деталью, мм<sup>2</sup>;

$f_{ш}$  – коэффициент абразивного трения;

Скорость главного движения в м/с определяется по формуле

$$V = \pi D n / 60000, \quad (3.3)$$

$$V = 3,14 * 36 * 600 / 60000 = 1,13 \text{ м/с}$$

где  $D$  – диаметр приводного шкива, мм;

$n$  – частота его вращения, мин<sup>-1</sup>.

Мощность шлифования в кВт найдем по формуле

$$P = F_{xc} V / 1000 \quad (3.4)$$

$$P = 540 * 1,13 / 1000 = 0,61 \text{ кВт}$$

Выбираем электродвигатель марки АВЕ-071-4С:

Частота вращения электродвигателя

$$n_{эл} = 600 \text{ об/мин.}$$

Мощность  $P_{эл} = 0,8 \text{ кВт}$

### 3.4.2 Подбор болтов крепления электродвигателя

При креплении электродвигателя болты устанавливаются с зазором.

Силу затяжки в Н определим по формуле

$$F_{зат} = \frac{k * Q}{f * z * i}, \quad (3.5)$$

где  $k$  – коэффициент запаса  $k=1,3$  (страница 308 /7/);

$Q$  – нагрузка на болт, Н ( $Q = m_{\Delta} * g / 4 = 50 * 9,81 / 4 = 122,62 \text{ Н}$ );

$f$  – коэффициент трения с стыке ( $f=0,15$  страница 308 /7/);

$z$  – число болтов;

$i$  – число стыков.

$$F_{зат} = \frac{1,3 * 122,62}{0,15 * 1 * 1} = 1062,70 \text{ Н}$$

|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|--|--|--|------|
|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  | Лист |
|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  | 7    |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ |  |  |  |      |

Определяем допускаемое напряжение для болта в МПа по формуле

$$[\delta] = \frac{\delta_T}{S_T} \quad (3.6)$$

где  $S_T$  - коэффициент запаса прочности ( $S_T=4$  таблица 16.2 /7/)

Для стали 3  $\delta_m=200$  МПа (таблица 16.1 /7/).

$$\delta = \frac{200}{4} = 50,00$$

Определяем внутренний диаметр резьбы в мм

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 + 1.3 \cdot F_{\text{выт}}}{\pi \cdot [\delta]}} \quad (3.7)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.3 \cdot 1062.70}{3.14 \cdot 50.00}} = 5.9 \text{ мм},$$

принимаем по таблице 16.3 /10/ болт М8 для которого  $d_1=6,64$  мм.

### 3.4.3 Расчет сварного соединения

В конструкции имеется сварной шов, который представлен на рисунке 3.3

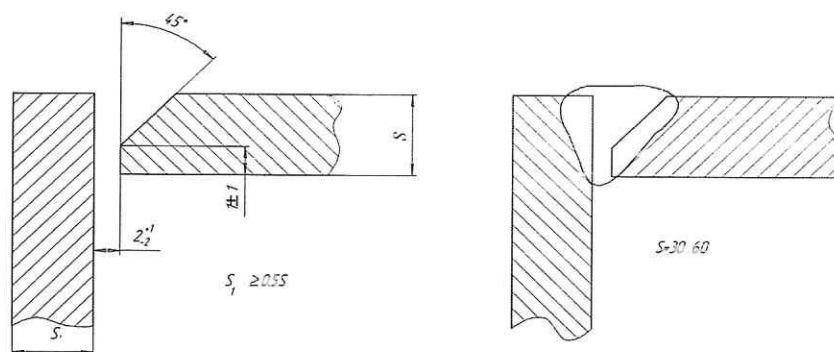


Рисунок 3.3 Вид сварного шва.

Прочность сварных соединений, по методу принятому в инженерной практике, лобовые и косые швы рассчитываются только по касательным напряжениям  $\tau$  / 7 /

Условие прочности сварного шва

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 8    |



$$\tau = \sqrt{(\tau_M - \tau_{F2})^2 + \tau_{F1}^2} = [\tau], \quad (3.8)$$

где  $\tau_M$  – напряжение в шве от изгибающего момента;

$\tau_{F1}, \tau_{F2}$  – напряжения в шве от действия силы  $F$ ;

$[\tau]$  – допустимое напряжение;

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\sigma],$$

где  $[\sigma]$  – допустимое напряжение при растяжении,  $[\sigma] = 150$  МПа;

$$[\tau'] = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ МПа};$$

Расчет сварных соединений трубы и опоры

Напряжение от изгибающего момента равно

$$\tau_M = \frac{6 \cdot F \cdot h}{4 \cdot 0,7 \cdot k \cdot a^2} \quad (3.9)$$

где  $F$  – сила разрыва шва;

$h$  – плечо действия силы  $F$ ,  $h = 300$  мм;

$k$  – катет шва,  $k = 2$  мм;

$a$  – длина шва,  $a = 25$  мм.

Отсюда

$$\tau_M = \frac{6 \cdot 183,2 \cdot 300}{4 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 25^2} = 72,67 \text{ МПа}$$

Вычисляем напряжения от силы  $F$ . Раскладываем силу  $F$  на две составляющие

$$F_1 = F \cos \alpha \quad (3.10)$$

$$F_2 = F \sin \alpha \quad (3.11)$$

где  $\alpha$  – угол между направляющей и стойкой вилки.

$$F_1 = 195 \cos 20^\circ = 183,2 \text{ Н}$$

$$F_2 = 195 \sin 20^\circ = 66,7 \text{ Н}$$

$$\tau_{F1} = \frac{F_1}{4 \cdot 0,7 \cdot k \cdot a} \quad (3.12)$$

$$\tau_{F1} = \frac{183,2}{4 \cdot 0,7 \cdot 3 \cdot 12} = 1,8 \text{ МПа}$$

$$\tau_{F2} = \frac{F}{4 \cdot 0,7 \cdot k \cdot a} \quad (3.13)$$

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 9    |

$$\tau_{F2} = \frac{66,7}{4 \cdot 0,7 \cdot 3 \cdot 12} = 0,7 \text{ МПа}$$

Вычисляем суммарное напряжение (напряжение от силы  $F_2$  не учитываем, так как оно меньше 1).

$$\tau = \sqrt{72,67^2 + 1,8^2} = 72,74 \text{ МПа}$$

$$\tau = 72,74 \text{ МПа} \leq [\tau'] = 90 \text{ МПа}$$

Условие прочности шва выполняется.

### 3.4.4 Расчет цилиндрической пружины сжатия

Расчет пружины сжатия ведем на максимальную (конечную) допускаемую нагрузку  $P_k$  (рисунок 3.3).

Максимально допустимая нагрузка в Н рассчитывается по формуле

$$P_k = \frac{\pi * d^3 * [\tau]}{8 * D_{cp} * K}, \quad (3.14)$$

где  $d$  – диаметр проволоки, мм;

$D_{cp}$  – средний диаметр пружины, мм;

$[\tau]$  – допускаемое касательное напряжение, МПа;

$K$  – коэффициент, учитывающий кривизну витка и влияние поперечной силы;

Коэффициент  $K$  в формулах определяется из зависимости

$$K = \frac{4 * C - 1}{4 * C - 4} + \frac{0,615}{C}, \quad (3.15)$$

где  $C = D_{cp} / d$  – индекс пружины.

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 60   |

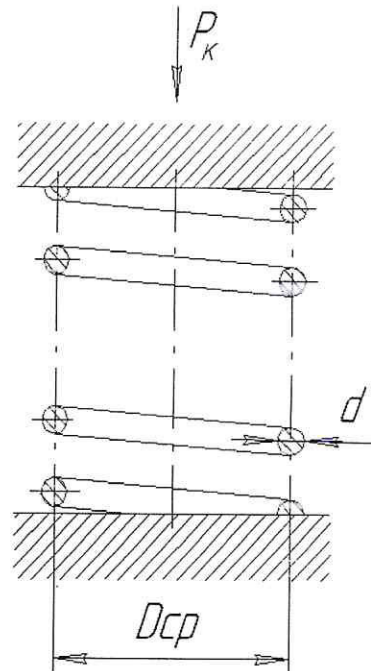


Рисунок 3.4 Схема к расчету пружины сжатия

Рассчитаем максимально допустимую нагрузку для пружины сжатия с  $D_{cp} = 10$  мм и  $d = 1,2$  мм. Допустимое касательное напряжение для пружинной стали с  $d = 1,2$  мм  $[\tau] = 600$  МПа

$$C = \frac{10}{1,5} = 6,67$$

$$K = \frac{4 * 6,67 - 1}{4 * 6,67 - 4} + \frac{0,615}{6,67} = 1,22$$

$$P_k = \frac{\pi * 1,2^3 * 600}{6,67 * 10 * 1,22} = 40 \text{ Н}$$

Максимально допустимая нагрузка для данной пружины составляет 40Н. Допускаемое сжатие одного витка определяется из равенства работ внешней силы и момента кручения, действующего в сечении пружины, и определяется в Н по формуле

$$f_1 = \frac{\pi * d^3 * [\tau]}{G * D_{cp} * K} \quad (3.16)$$

где  $G = 80$  МПа – модуль сдвига для стали /10/;

$$f_1 = \frac{\pi * 1,2^3 * 600}{80 * 10^6 * 10 * 1,22} = 0,33 * 10^{-5} \text{ Н}$$



### 3.5 Обеспечение безопасности в конструкции

Требования безопасности к приспособлению для полированию шеек коленвалов закреплены в ГОСТ 12.2.003–91 «Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

Проектируемое устройство приспособление относится к ремонтным стандам. Потенциальными источниками опасности являются электрический привод станка вала, движущиеся элементы конструкции (ременная передача, валы).

Для обеспечения безопасности персонала в конструкции устройства предусмотрен ряд мер. Так, механические узлы устройства изготавливаются с достаточным коэффициентом запаса прочности. Сборочные единицы и детали устройства не имеют острых углов и кромок (притуплены), механической обработкой наружным поверхностям задана необходимая шероховатость.

#### 3.5.1 Инструкция по охране труда при работе с приспособлением для полирования шеек

##### 1 Общие требования:

1.1 К работе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие необходимые инструктажи.

1.2 Работу выполнять только в специальной одежде.

1.3 В случае аварийной ситуации неотлагательно сообщить руководству.

1.4. При возникновении несчастного случая должен уметь оказывать первую медицинскую помощь.

1.5. За несоблюдение правил инструкции рабочий несет ответственность.

##### 2 Требования перед началом работы:

2.1. Одеть спецодежду.

|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  |  |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|--|--|--|--|------|
|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  |  | Лист |
|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  |  | 42   |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

2.2. Проверить исправность станда.

2.3. Проверить крепление станда.

2.4 Проверить надежность крепления полировального узла.

2.4. В случае не исправности установки, оповестить администрацию.

2.5. Строго выполнять все требования санитарии.

3. Требования во время работы:

3.1 Полирование шеек проводить только при закрытом кожухе.

3.1. Работать на установке, имея практические навыки.

3.2. Необходимо убедиться в полной готовности установки к работе.

3.3. Соблюдать требования безопасности и работы.

4. Требования безопасности в аварийной ситуации:

4.1. При возникновении аварии необходимо срочно отдалиться от конструкции.

4.2. При получении травмы нужно оказать первую доврачебную помощь.

5. Требования безопасности по окончании работы:

5.1. При сдаче рабочего места необходимо убедиться в исправности установки.

5.2. Сдать спецодежду.

5.4. О недостатках и неисправностях конструкции при работе сообщить руководству.

Нарушение правил безопасности труда при эксплуатации приспособления может повлечь дисциплинарную и административную ответственность.

### 3.6 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 13   |



профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

### 3.7 Экономическое обоснование конструкции установки

Стоимость изготовления приспособления определяется по формуле [5]:

$$C_{ц.кон.} = C_{од} + C_{нд} + C_{сб.н} + C_n \quad (3.16)$$

где  $C_{од}$  – стоимость изготовления оригинальных деталей, руб.;

$C_{н.д}$  – цена покупных изделий, деталей, руб.;

$C_{сб.н}$  – заработная плата производственных рабочих, руб.;

$C_n$  – накладные расходы, руб.

Затраты на изготовление оригинальных деталей определяются по формуле:

$$C_{о.д} = C_{нр1н} + C_m, \quad (3.17)$$

где  $C_{нр1н}$  – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовлении оригинальных деталей, с учетом дополнительной оплаты и социальных отчислений, руб.;

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 14   |



$C_m$  – стоимость материала заготовок для изготовления деталей, руб;

Стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей определяется по формуле

$$C_m = Q_3 \cdot C_3, \quad (3.18)$$

где  $Q_3$  – масса заготовки, кг;

$C_3$  – цена килограмма материала заготовки, руб.

Результаты расчета стоимости материала заготовок приведем в таблице 3.1, где цена заготовки принимается усреднено по прайс-листам производителей соответствующих материалов.

Таблица 3.1 – Стоимость заготовок для изготовления деталей

| Наименование деталей   | Масса заготовк и для одной детали, кг | Кол-во деталей | Масса заготов-ки, кг | Материал  | Цена 1кг заготовки (прокат),руб. | Стоимость материала заготовки $C_m$ , руб. |
|------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------------------|
| Плита подвижная        | 0,35                                  | 1              | 0,35                 | Ст3пс     | 28,04                            | 9,81                                       |
| Плита                  | 0,26                                  | 1              | 0,26                 | Ст3пс     | 28,04                            | 7,29                                       |
| Вилка                  | 0,8                                   | 2              | 1,6                  | Ст3пс     | 28,04                            | 44,86                                      |
| Основание              | 8,9                                   | 1              | 8,9                  | Сталь 30  | 26,09                            | 232,20                                     |
| Рукоятка               | 0,1                                   | 2              | 0,2                  | Сталь3    | 25,32                            | 5,06                                       |
| Ролик ведомый          | 0,15                                  | 2              | 0,3                  | Полиами д | 14,25                            | 4,27                                       |
| Ось ролика             | 0,2                                   | 2              | 0,4                  | Сталь 40  | 27,89                            | 11,16                                      |
| Кольцо                 | 0,02                                  | 2              | 0,04                 | Сталь 45  | 28,89                            | 1,15                                       |
| Втулка                 | 0,05                                  | 2              | 0,1                  | Сталь 45  | 28,89                            | 2,88                                       |
| Ролик ведущий          | 0,2                                   | 1              | 0,2                  | Полиами д | 14,25                            | 2,85                                       |
| Ось                    | 0,24                                  | 1              | 0,24                 | Сталь 45  | 28,89                            | 6,93                                       |
| Болт                   | 0,07                                  | 1              | 0,07                 | Сталь 45  | 28,89                            | 2,02                                       |
| Прихват                | 0,5                                   | 1              | 0,5                  | Сталь 30  | 26,09                            | 13,05                                      |
| Втулка ведущего ролика | 0,06                                  | 1              | 0,06                 | Сталь 45  | 28,89                            | 1,73                                       |
| Гайка                  | 0,07                                  | 1              | 0,07                 | Сталь 40Х | 29,89                            | 2,09                                       |
|                        |                                       |                |                      |           | Итого: руб.                      | 347,35                                     |

Основную заработную плату работников, занятых на изготовлении оригинальных деталей рассчитываем по формуле [5]:

$$C_{np} = t_1 \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_t, \quad (3.19)$$

где  $t_1$  – средняя трудоемкость на изготовление отдельных оригинальных деталей, чел.-ч;

$C_{\text{ч}}$  – тарифная ставка рабочих, руб.;

$K_t$  – коэффициент, учитывающий доплаты к основной заработной плате, равный 1,025...1,030.

Принимаем  $t_1 = 12 \text{ чел.-ч}$ ,  $C_{\text{ч}} = 37 \text{ руб.}$ ,  $K_t = 1,025..$

$$C_{np} = 12 \cdot 37 \cdot 1,025 = 455 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата принимается в процентном соотношении от основной и составляет 8...12 %. Тогда:  $C_d = 455 \cdot 0,12 \approx 50 \text{ руб.}$

Начисления по социальному страхованию составляет 30,2 % от суммы основной и дополнительной заработной платы.

$$C_{\text{соц}} = 0,302 \cdot (455 + 50) = 152 \text{ руб.}$$

Отсюда полная заработная плата составит:

$$C_{\text{полн}} = 455 + 50 + 152 = 657 \text{ руб.}$$

Стоимость изготовления оригинальных деталей составит

$$C_{o.d} = 657 + 347 = 1004 \text{ руб.}$$

Результаты расчета стоимости покупных деталей приведем в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Стоимость покупных деталей

| Наименование деталей | Стоимость одной дет., руб. | Кол-во деталей, шт. | Стоимость деталей, руб. |
|----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|
| Болт М10             | 8,5                        | 8                   | 68                      |
| Болт М8              | 7,0                        | 2                   | 14                      |
| Гайка М10            | 7,5                        | 8                   | 60                      |
| Гайка М8             | 7,2                        | 2                   | 14,4                    |
| Гайка М6             | 6,0                        | 4                   | 24                      |
| Заклепка             | 5,0                        | 2                   | 10                      |
| Ось                  | 15,4                       | 2                   | 30,8                    |
| Шайба                | 2,0                        | 14                  | 28                      |

|     |      |             |         |      |                                     |            |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------------|
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист<br>16 |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------------|

Продолжение таблицы 3.2

|                     |        |   |        |
|---------------------|--------|---|--------|
| Шплинт              | 1,0    | 2 | 2      |
| Электродвигатель    | 1800,0 | 1 | 1800   |
| Выключатель         | 65,0   | 1 | 65     |
| Подшипник           | 245,3  | 4 | 981,2  |
| Пружина             | 34,5   | 2 | 69     |
| Пружина             | 55,0   | 1 | 55     |
| Лента полировальная | 135,5  | 1 | 135,5  |
| Итого               |        |   | 3356,6 |

Полную заработную плату производственных рабочих, занятых на сборке приспособления принимаем в размере 10% от заработной платы на изготовление конструкции, тогда

$$C_{сб.н} = 0,1 \cdot C_{пр.н} \quad (3.20)$$

$$C_{сб.н} = 0,1 \cdot 657 \approx 70 \text{ руб.}$$

Накладные расходы на изготовление приспособления определяются по формуле (3.21):

$$C_n = (C_{сб.н} + C_{пр.н}) \cdot R_n / 100, \quad (3.21)$$

$R_n$  – доля общепроизводственных затрат,  $R_{оп} = 150\%$ .

$$C_n = (657 + 70) \cdot 150 / 100 = 1090 \text{ руб.}$$

Тогда полная себестоимость изготовления полировального приспособления составит:

$$C_{ц\text{ кон}} = 1004 + 3357 + 70 + 1090 = 5521 \text{ руб.}$$

Таблица 3.3 – Исходные данные для расчета технико-экономических показателей конструкции

| №<br>п/п | Наименование                        | Ед.<br>измерения | Знач. показателя |         |
|----------|-------------------------------------|------------------|------------------|---------|
|          |                                     |                  | аналог           | проект. |
| 1        | Масса конструкции                   | кг               | 45               | 35      |
| 2        | Балансовая стоимость                | руб.             | 9365             | 5521    |
| 3        | Потребляемая мощность               | кВт              | 2,2              | 2,2     |
| 4        | Количество обслуживающего персонала | чел              | 1                | 1       |

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     | 17   |



Продолжение таблицы 3.3

|    |                                                   |            |     |     |
|----|---------------------------------------------------|------------|-----|-----|
| 5  | Разряд работы                                     | разряд     | 4   | 4   |
| 6  | Тарифная ставка                                   | руб./чел.ч | 87  | 87  |
| 7  | Норма амортизации                                 | %          | 13  | 13  |
| 8  | Норма затрат на ремонт и техническое обслуживание | %          | 8   | 8   |
| 9  | Годовая загрузка конструкции                      | ч          | 126 | 126 |
| 10 | Время 1 цикла                                     | ч          | 1   | 0,5 |

Определение технико-экономических показателей по обоим вариантам ведется в следующей последовательности.

Производительность на стационарных работах периодического действия [5]:

$$W_z = \frac{60 \cdot \tau}{T_{\text{ц}}}, \quad (3.22)$$

где  $T_{\text{ц}}$  – время одного рабочего цикла, мин.

$\tau$  – коэффициент использования рабочего времени смены,  $\tau = 0,60 \dots 0,95$ .

$$W_{z0} = \frac{60 \cdot 0,6}{60} = 2,4 \frac{\text{шт}}{\text{час}}.$$

$$W_{z1} = \frac{60 \cdot 0,6}{30} = 4,8 \frac{\text{шт}}{\text{час}}.$$

Металлоемкость процесса балансировки определяется из выражения [5]:

$$M_e = \frac{G}{W_z \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (3.23)$$

где  $G$  – масса устройства, кг;

$T_{\text{год}}$  – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{\text{сл}}$  – срок службы конструкции, лет.

$$M_{e0} = \frac{45}{2,4 \cdot 126 \cdot 5} = 0,029 \frac{\text{кг}}{\text{шт}}.$$

$$M_{e1} = \frac{35}{4,8 \cdot 126 \cdot 5} = 0,011 \frac{\text{кг}}{\text{шт}}.$$

Фондоемкость балансировки определяется из выражения [5]:

$$F_e = \frac{C_d}{W_z \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.24)$$

|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  |  |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|--|--|--|--|------|
|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  |  | Лист |
|     |      |             |         |      |                                     |  |  |  |  | 18   |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ |  |  |  |  |      |

где  $C_6$  – балансовая стоимость устройства, руб.

$$F_{e0} = \frac{9365}{2,4 \cdot 126} = 31 \text{ руб./шт.}$$

$$F_{e1} = \frac{5521}{4,8 \cdot 126} = 9,12 \text{ руб./шт.}$$

Трудоемкость балансировки находится из выражения [5]:

$$T_e = \frac{n_p}{W_z}, \quad (3.25)$$

где  $n_p$  – количество рабочих, чел.

$$T_{e1} = \frac{1}{2,4} = 0,41 \text{ чел. ч/шт.}$$

$$T_{e1} = \frac{1}{4,8} = 0,2 \text{ чел. ч/шт.}$$

Себестоимость балансировки определяется из выражения [5]:

$$S = C_{zn} + C_3 + C_{pmo} + A. \quad (3.26)$$

Расходы на зарплату можно определить из выражения [5]:

$$C_{zi} = Z \cdot T_e, \quad (3.27)$$

$$C_{zn0} = 87 \cdot 0,41 = 35,67 \text{ руб./шт.}$$

$$C_{zn1} = 87 \cdot 0,2 = 17,4 \text{ руб./шт.}$$

Расходы на электроэнергию можно определить из выражения [5]:

$$C_3 = C_э \cdot \mathcal{E}_e, \quad (3.28)$$

где  $C_э$  – комплексная цена электроэнергии, руб./кВт.

$\mathcal{E}_e$  – энергоемкость балансировки, кВт/шт.

Энергоемкость балансировки определяется из выражения [5]:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_z}, \quad (3.29)$$

где  $N_e$  – потребляемая устройством мощность, кВт;

$W_z$  – часовая производительность устройства; ед./ч.

$$\mathcal{E}_{e0} = \frac{2,2}{2,4} = 0,91 \text{ кВт/шт.}$$

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      |                                     |      |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
|     |      |             |         |      |                                     | 19   |

$$\mathcal{E}_{el} = \frac{2,2}{4,8} = 0,45 \text{ кВт/шт.}$$

$$C_{\text{э0}} = 2,81 \cdot 0,91 = 2,5 \text{ руб/кВт.}$$

$$C_{\text{э1}} = 2,81 \cdot 0,45 = 1,26 \text{ руб/кВт.}$$

Расходы на ремонт и техническое обслуживание можно определить из выражения [5]:

$$C_{\text{рто}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot H_{\text{рто}}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.30)$$

где  $H_{\text{рто}}$  – суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

$$C_{\text{рто0}} = \frac{9365 \cdot 8}{100 \cdot 2,4 \cdot 126} = 2,47 \text{ руб./шт.}$$

$$C_{\text{рто1}} = \frac{5521 \cdot 8}{100 \cdot 4,8 \cdot 126} = 0,73 \text{ руб./шт.}$$

Амортизационные отчисления по устройству можно определить из выражения [5]:

$$A = \frac{C_{\text{б}} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (3.31)$$

где  $a$  – норма амортизации %.

$$A_0 = \frac{9365 \cdot 13}{100 \cdot 2,4 \cdot 126} = 4,02 \text{ руб./шт.}$$

$$A_1 = \frac{5521 \cdot 13}{100 \cdot 4,8 \cdot 126} = 1,19 \text{ руб./шт.}$$

$$S_0 = 35,67 + 2,5 + 2,47 + 4,02 = 44,66 \text{ руб./шт.}$$

$$S_1 = 17,4 + 1,26 + 0,73 + 1,19 = 20,58 \text{ руб./шт.}$$

Приведенные затраты определим из выражения [5]:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{е}} = S + E_{\text{н}} \cdot k, \quad (3.32)$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15;

$F_{\text{е}}$  – фондоемкость процесса, руб./ед;

$k$  – удельные капитальные вложения, руб./ед.

$$C_{\text{прив0}} = 44,66 + 0,15 \cdot 31 = 49,31 \text{ руб./шт.}$$

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
|     |      |             |         |      |                                     | Лист |
|     |      |             |         |      | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | 20   |
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата |                                     |      |



$$C_{прив1} = 20,58 + 0,15 \cdot 9,12 = 21,95 \text{ руб./шт.}$$

Годовая экономия определяется по формуле [5]:

$$\mathcal{E}_{год} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{год}. \quad (3.33)$$

$$\mathcal{E}_{год} = (44,66 - 20,58) \cdot 4,8 \cdot 126 = 14563 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяется из выражения [5]:

$$E_{год} = \mathcal{E}_{год} - E_{\text{н}} \cdot \Delta K.$$

где  $\Delta K$  – дополнительные капитальные вложения, руб. ( $\Delta K = F_{\text{ел}}$ ).

$$E_{год} = 14563 - 0,15 \cdot 126 = 14544 \text{ тыс.руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяется из выражения [5]:

$$T_{ок} = \frac{C_{б1}}{\mathcal{E}_{год}}, \quad (3.34)$$

где  $C_{б1}$  – балансовая стоимость спроектированной конструкции, руб.

$$T_{ок} = \frac{5521}{14563} = 0,37 \text{ лет.}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяется из выражения [5]:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_{б}}. \quad (3.35)$$

$$E_{эф} = \frac{14563}{5521} = 2,64.$$

Таблица 3.4 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкций

| № п/п | Наименование показателей                 | Базовый | Проект | Проект в % к базовому |
|-------|------------------------------------------|---------|--------|-----------------------|
| 1     | Часовая производительность, ед/ч         | 2,4     | 4,8    | 200                   |
| 2     | Фондоемкость процесса, руб./ед           | 31      | 9,12   | 29                    |
| 3     | Энергоемкость процесса, кВт/ед           | 0,91    | 0,45   | 56                    |
| 4     | Металлоемкость процесса, кг/ед           | 0,029   | 0,011  | 38                    |
| 5     | Трудоемкость процесса, чел*ч/ед          | 0,41    | 0,2    | 48                    |
| 6     | Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед | 4,02    | 1,19   | 29,6                  |
| 7     | Уровень приведенных затрат, руб./ед      | 49,31   | 21,95  | 45                    |
| 8     | Годовая экономия, руб.                   | -       | 14563  | -                     |
| 9     | Годовой экономический эффект, руб.       | -       | 14544  | -                     |

|     |      |             |         |      |                                     |      |
|-----|------|-------------|---------|------|-------------------------------------|------|
| Изм | Лист | № документа | Подпись | Дата | ВКР.23.03.03.340.20.УПШ.00.00.00 ПЗ | Лист |
|     |      |             |         |      |                                     | 21   |

Продолжение таблицы 3.4

|    |                                                |   |      |   |
|----|------------------------------------------------|---|------|---|
| 10 | Срок окупаемости капитальных вложений, лет     | - | 0,37 | - |
| 11 | Коэффициент эффективности капитальных вложений | - | 2,64 | - |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В соответствии с заданием в работе спроектировано отделения по ремонту двигателей сельскохозяйственной техники. Определен годовой объем работ в отделении, персонал, количественный и качественный состав оборудования, площадь участков.

2. На основе проведенного анализа износов валов коленчатых валов двигателей и способов их устранения, в выпускной работе разработан технологический процесс восстановления их работоспособности.

3. Разработанная в работе конструкция приспособления для полирования шеек по сравнению с существующими стендами обеспечивает безопасность работ, низкий расход электроэнергии и качество поверхности. Применение приспособления позволяет получить годовую экономию около 15 тыс. рублей относительно прототипа.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. / под ред. И. Н. Жестковой. – Москва : Машиностроение, 2006. – 921 с.
2. Блащук, Е. Ф. Гальванотехника : учебник / Е. Ф. Блащук, П. К. Лаворко. – Москва : Машгиз, 1961. – 246 с.
3. Боголюбов, С. К. Инженерная графика : учебник / С. К. Боголюбов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2000. – 352 с.
4. Бурлаев, Ю. В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте : учебник / Ю. В. Бурлаев. – Москва : Академия, 2004. – 288 с.
5. Горохов, В. А. Способы отделочно-упрочняющей обработки материалов : учебное пособие / В. А. Горохов, Н. В. Спиридонов. – Минск : Технопринт, 2003. – 96 с.
6. Ерохин, М. Н. Детали машин и основы конструирования : учебник / М. Н. Ерохин. – Москва : Колос, 2004. – 462 с.
7. Занько, Н. Г. Безопасность жизнедеятельности : учебник / под ред. О. Н. Русак. – 12-ое изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2007. – 672 с.
8. Иванов, М. Н. Детали машин : учебник / Иванов М. Н., Финогенов В. А. – Москва : Высшая школа, 2008. – 408 с.
9. Кабашов, В. Ю. Практикум по безопасности в чрезвычайных ситуациях / В. Ю. Кабашов, А. М. Багаутдинов, В. П. Бойко. – Уфа : БГАУ, 2009. – 134 с.
10. Левин, Э. Л. Технологические методы повышения долговечности деталей машин при ремонте : учебное пособие / Э. Л. Левин. – Уфа : БСХИ, 1981. – 70 с.
11. Мاستрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник / Б. С. Мاستрюков. – Москва : Академия, 2003. – 336 с.
12. Минько, В. М. Охрана труда в машиностроении : учебник / В. М. Минько. – 3-е изд., перераб. – Москва : Академия, 2013. – 256 с.

13. Мухин, В. С. Поверхность : технологические аспекты прочности деталей ГТД : учебник / В. С. Мухин. – Москва : Наука, 2005. – 296 с.
14. Мягков, В. Д. Допуски и посадки : справочник / В. Д. Мягков, М. А. Палей, В. А. Брагинский. – 6-е изд. – Ленинград : Машиностроение, 1982. – 543с.
15. Ремонт автомобилей: Учебник для вузов / Л.В. Дехтеринский и др.- М.: Транспорт, 1992.- 231с.
16. Трудовой кодекс Российской Федерации – М.: Эскимо, 2018-240 с.
17. Технология автоматизированного машиностроения: Проектирование технологий/ Под ред. Ю.М. Соломенцева.–М.: Машиностроение, 1990.- 416 с.
18. Серый, И. С. Курсовое и дипломное проектирование по надежности и ремонту машин : учебное пособие / И. С. Серый, А. П. Смелов, В. Е. Черкун. – 4-е изд. перераб. и доп. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 184 с.
19. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин : учебное пособие / И. М. Жарский [и др.]. – Минск : Вышэйшая школа, 2005. – 300 с.
20. Федеральное государственное бюджетное учреждение Федеральный институт промышленной собственности : офиц. сайт – Режим доступа: <https://www1.fips.ru>. – 12.05.2019
21. Хандогина, Е. К. Экологические основы природопользования: учебное пособие / Е. К. Хандогина, Н. А. Герасимова, А. В. Хандогина. – Москва: Форум, 2007. – 160 с.
22. Оборудование и инструменты: офиц. сайт – Режим доступа: <http://www.bsi-instrument.ru> – 13.04.2019

# ПРИЛОЖЕНИЕ



[illegible]

[illegible]



[illegible]



**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет**  
**Институт механизации и технического сервиса**

**РЕЦЕНЗИЯ**

**на выпускную квалификационную работу**

Выпускника *Кушников* *Алексея Валерьевича*

Направление *23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»*

Профиль *«Сервис транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»*

Тема ВКР *«Организация участка по ремонту двигателей с разработкой конструкции устройства для полирования шеек коленчатых валов»*

Объем ВКР: текстовые документы содержат: 82 страниц, в т.ч. пояснительная записка 75 стр.; включает: таблиц 11, рисунков и графиков 13, фотографий      -      штук, список использованной литературы состоит из 22 наименований; графический материал состоит из 6 листов.

1. Актуальность темы, ее соответствие содержанию ВКР

Тема актуальна и соответствует содержанию ВКР

2. Глубина, полнота и обоснованность решения инженерной задачи

Поставленная инженерная задача решена на хорошем уровне

3. Качество оформления текстовых документов: хорошее

4. Качество оформления графического материала: хорошее

5. Положительные стороны ВКР (новизна разработки, применение информационных технологий, практическая значимость и т.д.)

Практическая значимость работы заключается в разработке эффективного устройства для полирования шеек коленчатых валов

|                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| способностью выбирать материалы для применения при эксплуатации и ремонте транспортных, транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения с учетом влияния внешних факторов и требований безопасной, эффективной эксплуатации и стоимости (ПК-10)               | Хорошо |
| способностью выполнять работы в области производственной деятельности по информационному обслуживанию, основам организации производства, труда и управления производством, метрологическому обеспечению и техническому контролю (ПК-11)                                              | Хорошо |
| владением знаниями направлений полезного использования природных ресурсов, энергии и материалов при эксплуатации, ремонте и сервисном обслуживании транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования различного назначения, их агрегатов, систем и элементов (ПК-12)   | Хорошо |
| владением знаниями организационной структуры, методов управления и регулирования, критериев эффективности применительно к конкретным видам транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (ПК-13)                                                                   | Хорошо |
| способностью к освоению особенностей обслуживания и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин, технического и технологического оборудования и транспортных коммуникаций (ПК-14)                                                                                       | Хорошо |
| владением знаниями технических условий и правил рациональной эксплуатации транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, причин и последствий прекращения их работоспособности (ПК-15)                                                                             | Хорошо |
| способностью к освоению технологий и форм организации диагностики, технического обслуживания и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (ПК-16)                                                                                                       | Хорошо |
| готовностью выполнять работы по одной рабочей профессии по профилю производственного подразделения (ПК-17)                                                                                                                                                                           | Хорошо |
| владением знаниями законодательства в сфере экономики, действующего на предприятиях сервиса и фирменного обслуживания, их применения в условиях рыночного хозяйства страны (ПК-37)                                                                                                   | Хорошо |
| способностью организовать технический осмотр и текущий ремонт техники, приемку и освоение вводимого технологического оборудования, составлять заявки на оборудование и запасные части, готовить техническую документацию и инструкции по эксплуатации и ремонту оборудования (ПК-38) | Хорошо |
| способностью использовать в практической деятельности данные оценки технического состояния транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования, полученные с применением диагностической аппаратуры и по косвенным признакам (ПК-39)                                     | Хорошо |
| способностью определять рациональные формы поддержания и восстановления работоспособности транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (ПК-40)                                                                                                                    | Хорошо |
| способностью использовать современные конструкционные материалы в практической деятельности по техническому обслуживанию и текущему ремонту транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования (ПК-41)                                                                  | Хорошо |



## ОТЗЫВ

руководителя о выполнении Кушниковым А.В. выпускной  
квалификационной работы на тему  
«Организация участка по ремонту двигателей с разработкой конструкции  
устройства для полирования шеек коленчатых валов»

К своей работе над ВКР Кушников А.В. приступил своевременно, и работал согласно разработанному графику. К работе над ВКР относился добросовестно. Необходимо отметить, что Кушников А.В. довольно грамотно решал сложные технические задачи, возникающее перед ним во время выполнения работы.

Во время выполнения ВКР Кушников А.В. в полном объеме применил знания, полученные им в процессе обучения в университете.

На мой взгляд, содержание ВКР соответствует утвержденному названию, а качество реализации работы отвечает требованиям, предъявляемым к ВКР бакалавров.

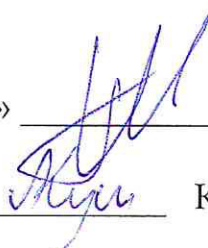
В связи с этим считаю, что ВКР Кушникова А.В. заслуживает положительной оценки (хорошо), а он сам присвоения ему степени бакалавра.

Руководитель ВКР

Доцент

Кафедры «Эксплуатация и ремонт машин» \_\_\_\_\_ Гималтдинов И.Х.

С отзывом ознакомлен

 \_\_\_\_\_ Кушников А.В.

«31» 01 \_\_\_\_\_ 2020г.