

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики  
Кафедра технического сервиса машин

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой  
д-р техн. наук, проф.


 П. В. Сенин

« 25 » 06 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

**ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕНЧАТЫХ  
ВАЛОВ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ**

Автор бакалаврской работы

01.06.2020 

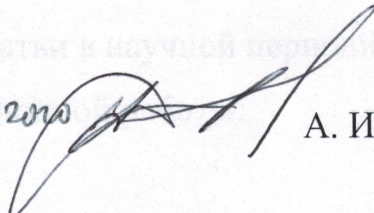
М. С. Кудряков

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-23.03.03-14-20

Направление 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Руководитель работы

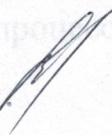
канд. техн. наук, доц.

17.06.2020 

А. И. Фомин

Нормоконтролер

канд. техн. наук, доц.

11.06.2020 

В. В. Власкин

Саранск  
2020

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт механики и энергетики

Кафедра технического сервиса машин

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой  
д-р.техн. наук, проф.

П.В. Сенин

«19» 11 2019 г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**

(в форме бакалаврской работы)

Студент: Кудряков Максим Сергеевич

1. Тема: Повышение усталостной долговечности коленчатых валов при восстановлении

Утверждена приказом № 9207-с от 19.11.2019.

2. Срок представления работы к защите: 08.06.2020.

3. Исходные данные для научного исследования (проектирования):  
технологические процессы ремонта, статьи в научной периодике.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

4.1 Анализ состояния проблемы

4.2 Производственно технологический процесс

4.3 Конструкторский раздел

4.4 Экономический раздел

5. Перечень графического материала:

5.1 Траверса в сборе

5.2 Траверса

5.3 Пластина

5.4 Болт траверсы

5.5 Призма

6. Приложение:

6.1 Спецификация: Сборочный чертеж

6.2 Комплект технологических документов

Руководитель работы \_\_\_\_\_

А. И. Фомин

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

М. С. Кудряков

БР-02069964-23.03.03-14-20

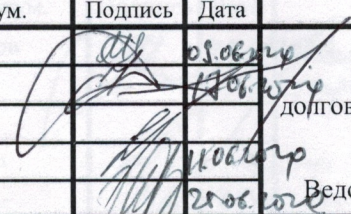
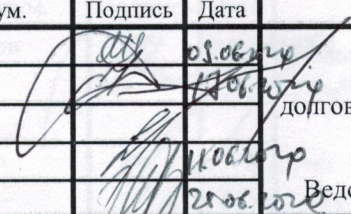
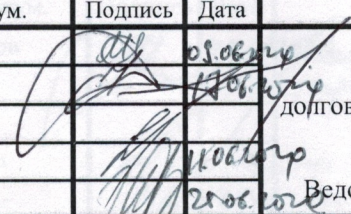
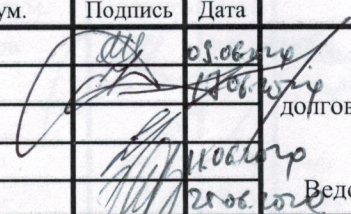
Повышение успешности  
исполнительности и ответственности  
восстановление

дтв	дстп	дстог
	1	73

ИМЭ, офс. 404 гр

	Формат	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
1					
2			<u>Документация текстовая</u>		
3					
4	A4	БР- 02069964-23.03.03-14-20	Пояснительная записка	73	
5					
6			<u>Документация графическая</u>		
7					
8	A3	МКЦС 710364.008СБ	Траверса в сборе	1	
9	A3	МКЦС 710494.011	Траверса	1	
10	A4	МКЦС 703412.015	Болт траверсы	2	
11	A4	МКЦС 710525.017	Призма	1	
12	A4	МКЦС 710253.020	Пластина	1	
13					
14			<u>Документация прочая</u>		
15					
16	A4	МКЦС 710364.008СБ	Траверса в сборе Спецификация	1	Прил. А
17			Сборочный чертеж		
18	A4	БР- 02069964-23.03.03-14-20	Комплект технологической документации	13	Прил. Б
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					

БР- 02069964-23.03.03-14-20

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Кудряков		05.06.2024			
Пров.		Фомин		17.06.2024		3	73
Н. контр.		Власкин		25.06.2024	ИМЭ, офо, 404 гр.		
Утв.		Сенин		25.06.2024			

Повышение усталостной долговечности коленчатых валов при восстановлении

Ведомость бакалаврской работы

## РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 73 листа пояснительной записки, 19 рисунков, 2 таблицы, 52 источника, 2 приложения.

КОЛЕНЧАТЫЙ ВАЛ, ДВИГАТЕЛЬ, МЕТОД, ВОССТАНОВЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ, ШЛИФОВАНИЕ, КАРБОНИТРАЦИЯ, СЕБЕСТОИМОСТЬ.

Объектом исследования являются коленчатые валы автотранспортных средств.



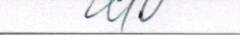
Цель работы – повышение усталостной долговечности коленчатых валов при восстановлении.

Метод исследования - аналитический.

Полученные результаты – разработан технологический процесс восстановления коленчатых валов (на примере УМЗ 4173.1005011), разработана планировка участка по обеспечению работоспособного состояния коленчатых валов, произведен расчет разработанного зажимного механизма станда Л11-20 «РЕМДЕТАЛЬ».

Область применения: ремонтные предприятия и участки.

Эффективность: повышение качества ремонта и надежности отремонтированной техники.

					БР-02069964 – 23.03.03 – 14 – 20			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Кудряков		03.03.2020	Повышение усталостной долговечности коленчатых валов при восстановлении	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Фомин		03.03.2020			4	73
Н. контр.		Власкин		11.06.2020	ИМЭ, офо, 404 гр.			
Утв.		Сенин		25.06.2020				

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Анализ состояния проблемы	9
1.1 Требования, предъявляемые к коленчатым валам автотранспортных средств	9
1.2 Анализ причин отказов коленчатых валов в процессе эксплуатации	11
1.3 Способы обеспечения работоспособного состояния коленчатых валов	14
1.4 Долговечность восстановленных коленчатых валов и способы ее повышения	19
1.5 Цели и задачи	23
2. Производственно технологический процесс	24
2.1 Общие сведения о карбонитрации	24
2.2 Технологический процесс обеспечения работоспособности	24
2.2.1 Выбор технологического оборудования	27
2.2.2 Выбор измерительного и контрольного оборудования	30
2.2.3 Выбор станочных приспособлений	31
2.2.4 Определение фондов рабочего времени	31
2.2.5 Расчет количества оборудования и рабочих постов. Определение номенклатуры участков	33
2.2.6 Расчет площадей производственных, вспомогательных и административно-бытовых помещений	37
2.2.7 Разработка компоновочного плана участка и планировка производственного корпуса	39
2.3 Режимы обработки коленчатого вала	41
2.3.1 Расчет режимов шлифования коленчатого вала	41

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

2.3.2	Режимы карбонитрации коленчатого вала УМЗ 4173.1005011	45
2.3.3	Режимы ленточного полирования коленчатого вала УМЗ 4173.1005011	46
3	Конструкторский раздел	48
3.1	Анализ стендов для проведения усталостных испытаний коленчатых валов	48
3.2	Возможность модернизации стенда для испытания коленчатых валов на усталостную прочность модели Л11-20	54
3.3	Зажимной механизм, момент затяжки болтового соединения и толщины прижимной пластины	55
3.3.1	Момент затяжки	56
3.3.2	Расчет толщины прижимной пластины	57
4	Экономический раздел	60
4.1	Обоснование программы ремонта	60
4.2	Расчет себестоимости восстановления коленчатых валов с упрочнением	61
4.3	Расчет экономической эффективности восстановления коленчатых валов с упрочнением	66
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	69
	ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Траверса в сборе. Спецификация	75
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б (рекомендуемое) Комплект технологической документации	76

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что ресурс двигателя автотранспортных средств во много лимитируется коленчатым валом, износ которого приводит к выходу агрегата из строя. Ресурс самого же коленчатого вала обуславливается двумя параметрами: износостойкостью и усталостной долговечностью, и закладывается заводом изготовителя, а в процессе восстановления зависит от выбранного технического процесса.

В настоящее время существует множество способов восстановления работоспособного состояния изношенных коленчатых валов. Наиболее часто встречающимся и первичным способом является шлифование под ремонтный размер. Однако даже при его использовании усталостная долговечность как один из параметров определяющих остаточный ресурс изделия может быть снижен на 10–25% (при использовании других способов усталостная долговечность дополнительно снижается) и тем самым не обеспечивает нормативный ресурс установленный требованиями нормативно-технологической документацией относительно нового. В связи с этим коленчатым валам после восстановления зачастую требуется дополнительная упрочняющая обработка для обеспечения необходимой усталостной долговечности.

В связи с этим применение и внедрение упрочняющих технологий для повышения усталостной долговечности в ремонтное производство, с целью увеличения межремонтного ресурса коленчатых валов является актуальной задачей.

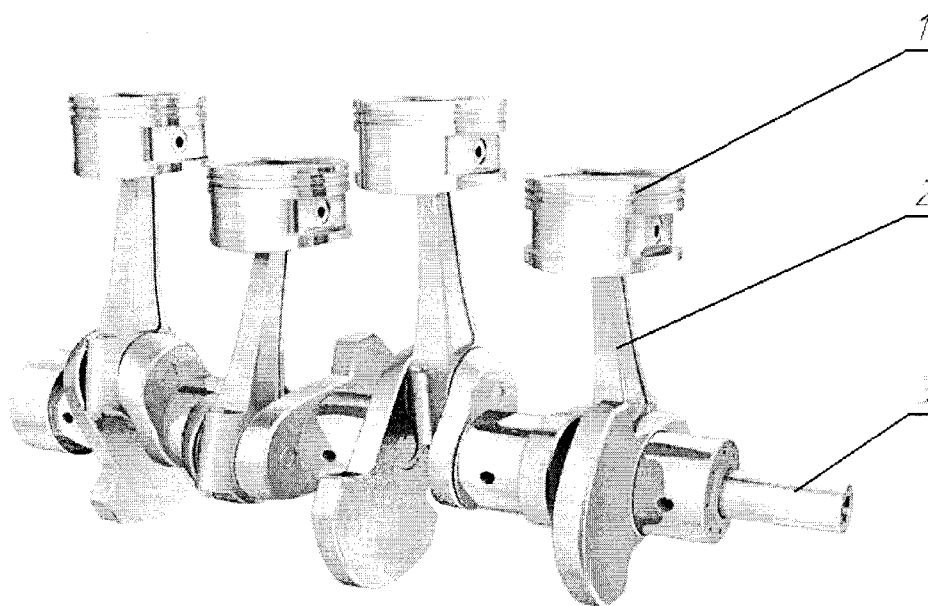
					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 1. Анализ состояния проблемы

### 1.1 Требования, предъявляемые к коленчатым валам автотранспортных средств

Коленчатый вал является ответственной деталью входящий в состав кривошипно-шатунного механизма (далее КШМ) автотранспортного средства (рисунок 1.1). Именно от надежности коленчатого вала зависит надежность, как самого двигателя, так и автотранспортного средства в целом.



1 – поршень; 2 – шатун; 3 – коленчатый вал

Рисунок 1 – Кривошипно-шатунный механизм

По этой причине государством предъявляются жёсткие требования к качеству их изготовления.

Контроль осуществляется согласно ГОСТ Р 53444-2009[1]. Среди требований к коленчатым валам можно выделить:

1. Допуск формы шейки коленчатого вала должен составлять не более 5 мкм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР- 02069964-23.03.03-14-20

Лист

9

2. Качество (шероховатость) рабочей поверхности шеек коленчатого вала должна составлять  $R_a < 0,32$  мкм.

3. Для торца фланца лежащая к маховику не допустима выпуклость. Отклонение от плоскостности составляет 0,1 мм.

4. Коленчатый вал должен быть динамически сбалансирован.

5. Суммарное отклонение от параллельности осей шатунных шеек и от профиля продольного сечения должно, находится в пределах 0,03 мм на длине 100 мм.

6. Коленчатый вал должен проходить упрочнение ТВЧ (токи высокой частоты) или азотирование. Твердость после упрочнения коренных и шатунных шеек должна находиться в пределах 53-63 единицы по шкале HRC (Роквеллу). Для коленчатых валов прошедших азотирование на глубину 0,25-0,4 мм, твердость поверхностного слоя должна составить не менее 500 единиц по шале HV (Виккерсу).

Исходя из требований действующего ГОСТА, значения многих параметров должны соответствовать конструкторской документации завода изготовителя (требования к качеству микроструктуры, шероховатость поверхности галтелей, биение средних коренных шеек, выбор способа балансировки и максимальное значение дисбаланса).

При восстановлении (ремонте) коленчатого вала значения всех параметров должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 53444-2009[1] и (или) конструкторской документации завода изготовителя.

Из требований, предъявляемых к коленчатым валам, следует, что повышение межремонтного ресурса связано с совершенствованием технологии восстановления валов.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.2 Анализ причин отказов коленчатых валов в процессе эксплуатации

ГОСТ 25866-83 дает следующее определение эксплуатации «Стадия жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его качество»[2]. Исходя из определения, можно сделать вывод, что продолжительность эксплуатации коленчатого вала во многом зависит от количества ремонтных размеров, то есть от его ремонтпригодности.

Отказы условно можно разделить на четыре вида: конструкционные (возникают на этапе проектирования), производственные (возникают на этапе изготовления или восстановления), эксплуатационные (нарушения правил и условий эксплуатации, установленных производителем) и дефектационные (возникают при естественном износе и зачастую связаны с эксплуатационными)[3,4].

К конструкционным отказам можно отнести ошибку в расчете на прочность, в результате которой, значения отдельных конструктивных элементов, вызывают недостаточный запас прочности. Одними из таких элементов могут, является галтели играющие роль концентраторов напряжения.[5]

Производственные связаны со сложностью изготовления коленчатых валов в виду их сложной формы. В своей работе Емельянов В.Н упоминал о сложности контроля в условиях массового производства за радиусом и формой галтелей. И приводил в пример завод им. С.М. Кирова (радиусы галтелей могли достигать 3,5 мм вместо 6 мм установленных конструктором, что может стать причиной преждевременного отказа коленчатого вала)[6].

Так же производственные отказы могут возникнуть при восстановлении (ремонте) коленчатого вала. Наиболее часто применяемый метод ремонта шлифование под ремонтный размер является достаточно трудоемким и сложным процессом, результат которого зачастую зависит от квалификации шлифовщика (сложность в обработке галтель).

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Как понятно из сказанного выше возможность возникновения двух видов отказа возникает уже на этапах проектирования и производства, и может быть выявлены при введении объекта в эксплуатацию на этапе приработки либо при испытаниях на производстве. Однако оставшиеся виды отказов (эксплуатационные и дефектные) зависят от множества факторов. Основной причиной царапин, преждевременного износа шеек, задиров являются нарушения в системе смазки двигателя. Так как коленчатый вал входит в механизм КШМ работающих при постоянном трении неисправности в данной системе может привести к повышенному трению и как следствие к ускоренному износу пар трения.

Причинами отказа коленчатого вала находящегося непосредственно в эксплуатации можно считать появление и дальнейшее развитие дефектов возникших в процессе эксплуатации автотранспортных средств. В процессе работы коленчатый вал воспринимает переменные силы и моменты[7,8]. Его шейки как уже было сказано образуют пары трения с вкладышами, что создает неблагоприятные условия работы и как следствие происходит изменения их формы и линейных размеров. Согласно требованиям ГОСТ Р 53444-2009 коленчатые валы изготавливаются из стали и чугуна с последующем упрочнением. Техническое состояние коленчатых валов в процессе дефектовки оценивается сначала органолептически (наличие царапин, задиров, видимых трещин на поверхности шеек), затем инструментально с помощью специальных приспособлений (замеры износа шеек, прогиба и т.д.)[9].

Анализ литературной информации показал, что основными дефектами коленчатых валов является[10–15]:

- Проворот вкладышей;
- Износ шеек коленчатого вала;
- Задир и схватывания шеек (рисунок 1.2);
- Царапины на поверхности шейки (рисунок 1.3);
- Трещины на поверхностях шеек коленчатого вала (рисунок 1.4).

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Для дизельного двигателя (ввиду большей нагрузки на коленчатый вал), частота появления такого дефекта как прогиб коленчатого вала выше.

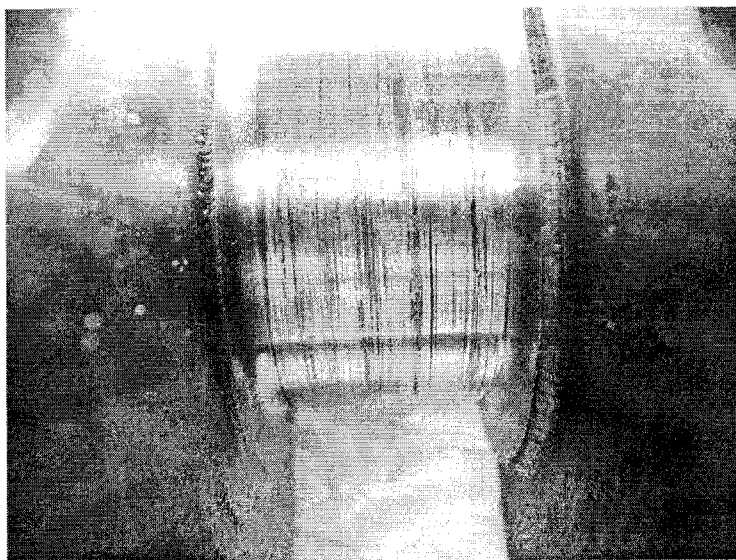


Рисунок 1.2 – Задиры на шейке коленчатого вала

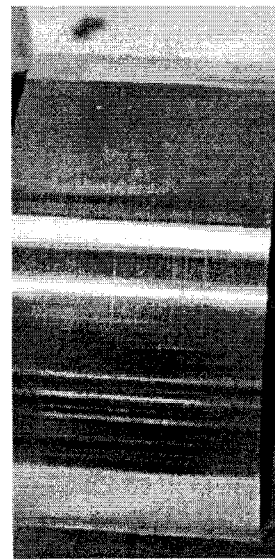


Рисунок 1.3 – Царапины на шейке коленчатого вала

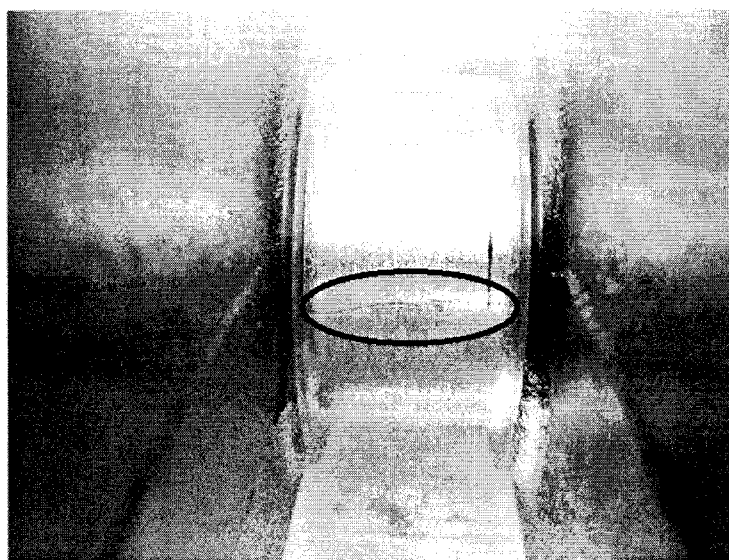


Рисунок 1.4 – Трещина на поверхности шейки коленчатого вала

На территории г. Саранск функционируют предприятия предоставляющие услуги по восстановлению изношенных коленчатых валов в частности: ООО «Ангри», АВТО 141 (ООО «Авто Бизнес Центр»), ООО «Эффект Гарантия». Исходя из общения со специалистами данных организаций, можно сделать следу-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР- 02069964-23.03.03-14-20

Лист

13

ющие выводы о частоте возникновения дефектов для коленчатых валов отечественных производителей (УМЗ и ЗМЗ):

- Естественный износ 60–70%;
- Царапины и задиры 5–20%;
- Проворот вкладыша 6–10%;
- Прогиб коленчатого вала 4–8% (не встречается у коленчатых валов УМЗ);
- Разрушение коленчатого вала 5-7% (наиболее актуально для коленчатых валов УМЗ и встречается зачастую после шлифования под ремонтный размер);
- Другие дефекты 10%

Стоит также сказать об отсутствии чистых дефектов, т.е. дефекты, как правило, встречаются в совокупности.

Однако составления статистики для определенной модели двигателя затруднительно ввиду большого дифференцирования автотранспортных средств поступающих на капитальный ремонт.

### **1.3 Способы обеспечения работоспособного состояния коленчатых валов**

Работоспособное состояние это состояние объекта, в котором он способен выполнять требуемые функции[16]. О работоспособном состоянии коленчатого вала зачастую судят по отсутствию критических трещин и износу его шеек предельные значения, которого установлены заводом изготовителем. С учетом этого можно утверждать, что работоспособное состояние коленчатого вала это состояние при котором значения всех фиксируемых параметров соответствуют требованиям, представленным в нормативно-технической документации.

Так как коленчатый вал входит в механизме КШМ работающего при постоянном трении неисправности в системе смазки может привести к повышенному трению и как следствие к ускоренному износу пар трения.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Основным способом обеспечения работоспособного состояния, как коленчатого вала, так и двигателя в целом является соблюдение требований нормативно технической документации производителя с соблюдением сроков технического обслуживания (далее ТО) и ремонта (далее Р) с поправкой их для конкретных условий эксплуатации (коэффициент условий эксплуатации)[17]. То есть применение планово-предупредительной стратегии ТО и Р. С соблюдением норм ежедневного и сезонного технического обслуживания.

Однако даже при условии соблюдения всех требований нормативно технической документации в процессе работы двигателя имеет место естественный износ его элементов, в том числе и коленчатых валов. В результате действия естественного износа зазор между шейкой коленчатого вала и вкладышем увеличивается, что ведёт к ухудшению условий смазки пары трения, увеличению динамических нагрузок, и как следствие к (дефектационному) отказу.

Существует достаточно большое количество методов восстановления работоспособного состояния коленчатого вала, условно их можно разделить на два вида: ремонтных размеров (шлифование шейки коленчатого вала под ремонтные вкладыши) и нанесения металлопокрытия (восстановление до номинального или требуемого размера шейки коленчатого вала).

Первый метод (шлифование) условно можно назвать «простым». Сущность его заключается в перешифровке шейки коленчатого вала (рисунок 1.5) под ремонтный размер (до удаления следов дефекта). Данный метод характеризуется снижением несущей способности коленчатого вала, уменьшение наружной площади (боковой площади) шейки и снятие слоя с наибольшей твердостью (наиболее критично для азотированных валов), что ухудшает износостойкость и как следствие сокращает межремонтный ресурс.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

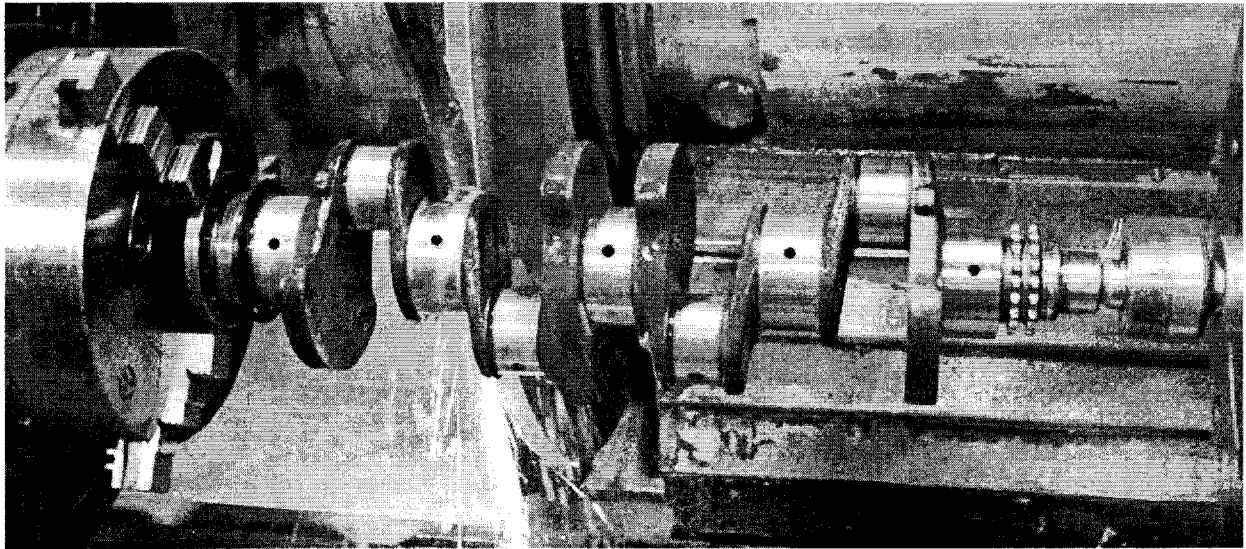


Рисунок 1.5 – Шлифование

При отсутствии ремонтных размеров (ремонтных вкладышей) используют различные способы нанесения металлопокрытия для восстановления номинального или необходимого ремонтного размера шейки: К таким способам можно отнести напыление, наплавку и электроконтактную приварку.

Напыление (рисунок 1.6). Сущность способа заключается в нанесении нового слоя на поверхность шейки под высоким давлением воздуха (или газа) частиц расплавленного металла. Недостатком рассматриваемого способа является достаточно низкое сцепление основы и сформированного слоя (вследствие чего формирование слоя большой глубины затруднено). Однако его неоспоримым преимуществом является малое термическое влияние на материал основы. Существует ряд разновидностей напыления: плазменное, высокочастотное, детонационное, газопламенное и электродуговое.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



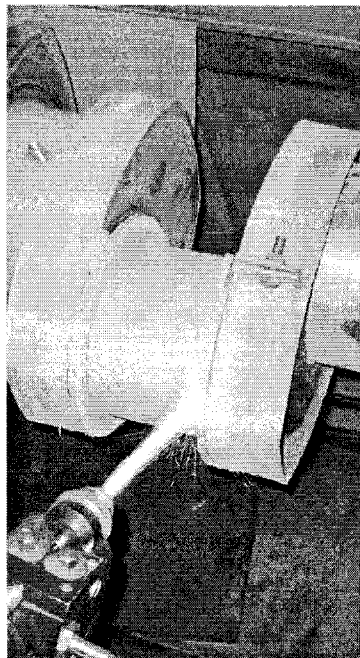


Рисунок 1.6 – Нанесение металлопокрытия на поверхность шейки коленчатого вала напылением

Наплавка (рисунок 1.7). Сущность способа заключается в нанесении слоя металла (с электрода) на поверхность шейки (основу). Основным недостатком данного способа является значительный и неравномерный нагрев детали, что влечет за собой изменения в кристаллической решётке материала основы, как следствие происходит изменение физико-химических свойств материала основы.

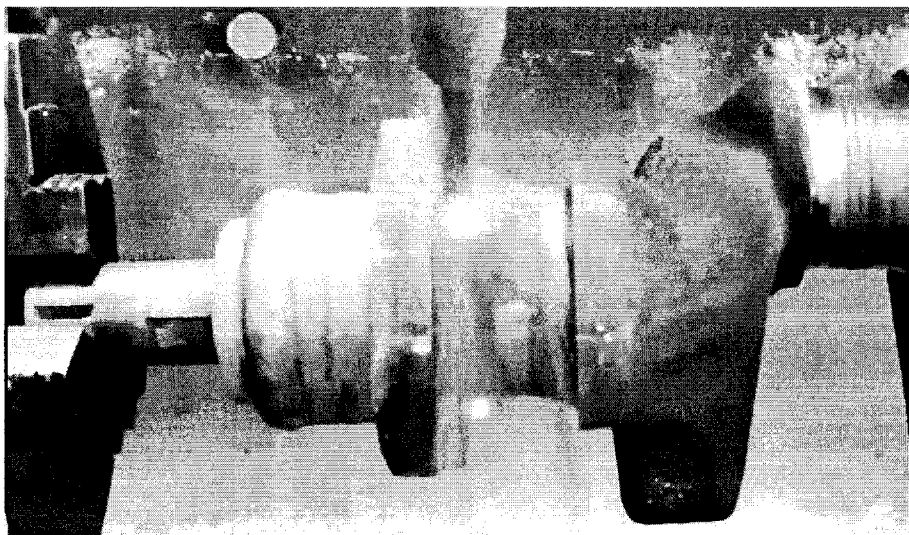


Рисунок 1.7 – Нанесение металлопокрытия на поверхность шейки коленчатого вала наплавкой

Электроконтактная приварка (ЭКП). Условно способы ЭКП (рисунок 1.8) можно разделить по виду проверяемого материала: стальной ленты, проволоки и

порошковый материал. К достоинствам этого способа можно отнести: незначительный нагрев детали в процессе приварки, высокая производительность, качество приваренной поверхности и высокий предел выносливости коленчатого вала относительно нового. Который может составлять 92% относительно нового (привар стальной ленты через промежуточный слой и использование разгружающих выточек) [10]. Однако ЭКП ведется до зоны галтелей. В своей работе Зеэлюя В.В. обосновал необходимость использования комбинированных способов восстановления, продемонстрировал колоссальное падение усталостной прочности в процессе приварки стальной проволоки в несколько слоев до галтелей. Усталостная прочность составила 48,5% от нового коленчатого вала. После восстановления комбинированным способом с использованием наплавки галтелей усталостная прочность составила 92% от нового [14]. Из чего можно сделать вывод о необходимости дополнительной обработки концентраторов напряжения при ЭКП.

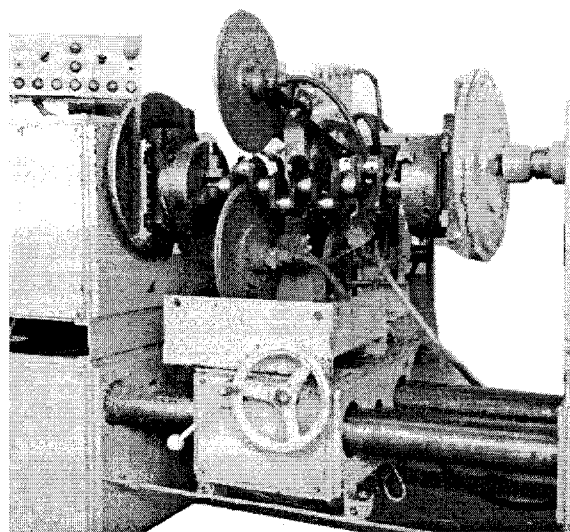


Рисунок 1.8 – Нанесение металлопокрытия на поверхность шейки коленчатого вала электроконтактной приваркой

На территории Мордовии встречаются специализированные предприятия занимающиеся восстановлением изношенных коленчатых валов. Однако доступные способы восстановления зачастую ограничиваются ремонтным шлифованием. Это связано с отсутствием необходимого технологического оборудования.

#### 1.4 Долговечность восстановленных коленчатых валов и способы ее повышения

Долговечность: свойство объекте, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, ТО и Р до достижения предельного состояния[17].

Долговечность коленчатых валов после восстановления зависит от снижения предела выносливости относительно нового изделия и от износостойкости рабочей поверхности шеек[5,18].

Снижение пределов выносливости происходит уже на этапе эксплуатации в до ремонтный период и может составить 15...30%[19,20]. Из-за технологических процессов при восстановлении предел выносливости также дополнительно снижается. Так в процессе наиболее часто используемого метода восстановления, а именно шлифование под ремонтный размер снижение может достигать 10...25%. При использовании различных способов нанесения металлопокрытия в результате дополнительного термического воздействия на материал основы (шейка, галтели, щеки коленчатого вала) также наблюдается снижение данного параметра. И может колебаться в значительных пределах 0,5...0,92 в зависимости от способа восстановления.[10,21,22,23,24]

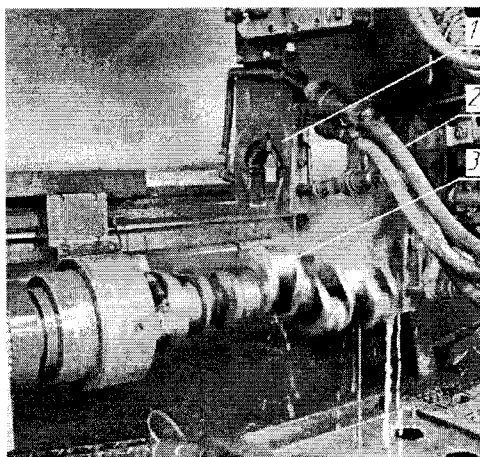
Стоит упомянуть об изменении твердости и как следствие износостойкости восстанавливаемой поверхности ввиду удаления (или нанесения нового) наружного слоя.

Из вышесказанного можно сделать вывод о необходимости упрочнения коленчатых валов для повышения износостойкости и усталостной долговечности в процессе восстановления.

Для повышения износостойкости и усталостной долговечности применяют упрочнение наружного слоя коленчатых валов. Наиболее популярными способами является закалка токами высокой частоты (индукционная закалка) и азотирование (нашедшее широкое применение в ремонтном производстве).

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Закалка ТВЧ (токами высокой частоты) или как еще называют индукционная закалка (рисунок 1.9) является одним из способов термической обработки металлов и сплавов. Отличительной же её особенностью является применение нагрева обрабатываемой поверхности электрическим током, проходящим через индуктор расположенный вокруг шейки и последующим быстрым охлаждением[25]. Данный способ упрочнения широко используется при производстве коленчатых валов, однако для его реализации необходимо специализированное (и дорогостоящее) оборудование.



1 – индуктор; 2 – рубашка охлаждения; 3 – коленчатый вал

Рисунок 1.9 – Закалка токами высокой частоты (индукционная закалка)

Азотирование. На основании литературной информации, использование азотирования в значительной степени снижает ремонтпригодность коленчатых валов (как следствие его долговечность). Это объясняется малой глубиной насыщенного (азотированного) слоя, который может составлять 0,2...0,5 мм. Но уже на глубине 0,1 мм износостойкость шейки коленчатого вала может снизиться в 3 раза[24]. Сущность способа заключается в диффузионном насыщении поверхностного слоя азотом при температуре до 600 °С. Зачастую в качестве присадочного материала (азотосодержащего вещества) используется аммиак или его смесь в определенных пропорциях. Азотирование позволяет получить высокую твердость с её сохранением при нагреве до 500...600°С, однако данный способ упрочнения занимает большой промежуток времени[11,24].

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Известны комбинированные способы повышения износостойкости в пример можно привести патент SU 3377214. Согласно данному способу для упрочнения рабочей поверхности шейки коленчатого вала может применяться первоначальное азотирование коленчатого вала и последующая закалка токами высокой частоты, и что немало важно с поверхностью галтелей[26].

Известен отечественный способ (патент RU 2231565) относящийся к комбинированным. Однако его отличительная особенность заключается в первостепенной закалке токами высокой частоты (позволяющей получить требуемую глубину закаленного слоя) и следующей за ним азотированием (дополнительно повышающей твердость с износостойкостью рабочей поверхности)[27].

Перспективным методом упрочнения, активно развивающимся в настоящее время можно считать лазерную обработку, позволяющую проводить поверхностную закалку и легирование отдельных участков деталей сложной формы. Однако применение данного метода в ремонтном производстве затруднительно ввиду высокой стоимости оборудования и высоком снижении усталостной прочности чугунных коленчатых валов[28].

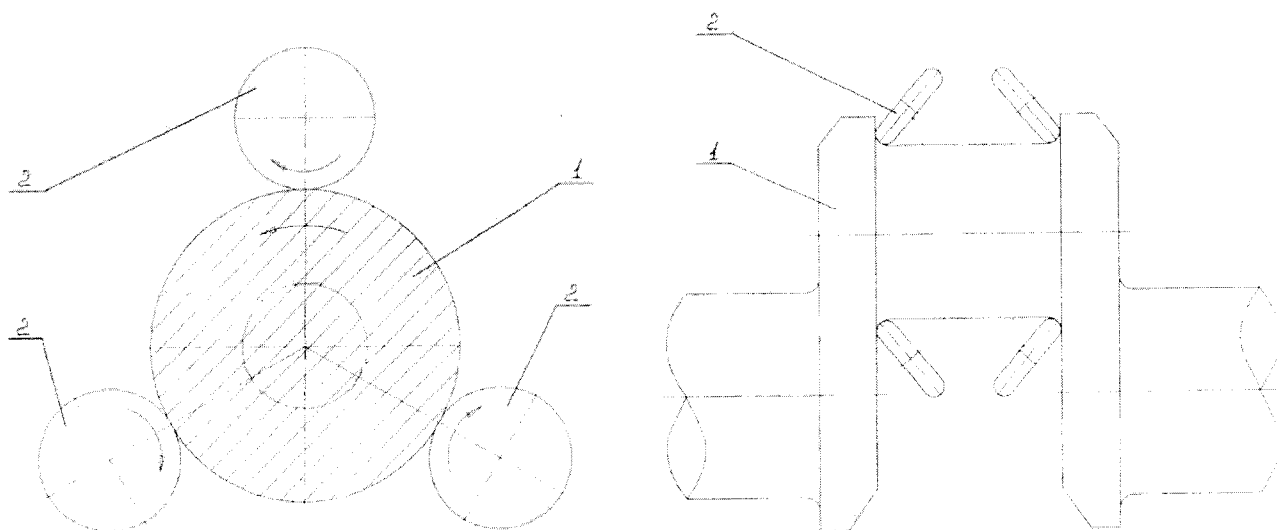
Для повышения усталостной долговечности коленчатых валов применяют способы пластического деформирования (основаны на явлении наклепа). Данный способ имеет свои подвиды, различающиеся по виду прилагаемой нагрузки и формой деформирующего тела.

Накатка (рисунок 1.10). Процесс заключается в обкатывании поверхности шеек и галтелей (с вращением коленчатого вала). Наклеп осуществляется одним, двумя или большим количеством роликов, деформирующая сила действует постоянно.

Чеканка. Существенным отличием от накатки является вид нагружения, при чеканке галтели испытывают ударные нагрузки. Деформирующим телом может выступать боёк.

Дробеструйная обработка. Метод основан на обработке поверхности дробью небольшого диаметра движущийся с определенной скоростью за счет энергии газа или жидкости.

Упрочнения пластическим деформированием создает спрессованную поверхность, с повышением ее качества (шероховатость уменьшается) и усталостной прочности до 40% [14,29].



а) 1 – шейки коленчатого вала; 2 – ролики (тело осуществляющее накатку)

б) 1 – коленчатый вал; 2 – ролики (тело осуществляющее накатку)

Рисунок 1.10 – Схема накатки а) шейки коленчатого вала б) галтелей

С учётом цели исследования наиболее подходящим способом упрочнения является карбонитрация относящиеся к химико-термической обработке. Данный процесс проходит по законам азотирования. Его сущность сводится к насыщению поверхностного слоя металлов сразу двумя элементами азотом и углеродом. Данный способ позволяет значительно увеличить предел выносливости (для чугунных коленчатых валов до 70%), износостойкость коленчатых валов и снижение коэффициента трения[30]. Одним из достоинств карбонитрации относительно азотирования является меньшая протяжённость процесса во времени, что в условиях единичного производства играет колоссальную роль.

## 1.5 Цели и задачи

**Целью работы** является повышение усталостной долговечности коленчатых валов при восстановлении работоспособного состояния.

С учетом цели работы были сформулированы следующие **задачи**:

1. Изучить существующие способы восстановления работоспособного состояния и способов упрочнения коленчатых валов.
2. Разработать технологический процесс восстановления коленчатого вала (на примере УМЗ 4173.1005011).
3. Разработать компоновочный план участка по обеспечению работоспособного состояния коленчатых валов (на примере УМЗ 4173.1005011).
4. Провести анализ существующих стендов для проведения усталостных испытаний натуральных коленчатых валов.
5. Разработать зажимной механизм и провести расчет стенда Л11-20 «РЕМДЕТАЛЬ».
6. Произвести теоретический расчёт экономической целесообразности принятых решений.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2. Производственно технологический процесс

### 2.1 Общие сведения о карбонитрации

Как уже было сказано карбонитрация это химико-термический процесс обработки стальных и чугунных изделий в расплавах цианатов. Сущность данного процесса в отличие от азотирования заключается в выдержке деталей машин в ванне подверженной нагреву в расплаве цианатов в интервале температур 540–580 °С с выдержкой детали в расплаве 1–8 часа в зависимости от требуемой толщины упрочненного слоя[31].

Для получения активного расплава используются чистые цианаты к примеру цианат натрия и калия.

Упрочнение карбонитрацией деталей машин обеспечивает повышение усталостной прочности на 50–80% и значительно повышает сопротивление износу по сравнению с азотированием, нитроцементацией и др.

Данный вид химико-термической обработки прост в осуществлении и не требует сложного производственного оборудования.

Линия карбонитрации состоит из печи для подогрева деталей, печи-ванны снабжённой вентиляцией, ванны охлаждения, каскада для промывки деталей.

### 2.2 Технологический процесс обеспечения работоспособности

#### *005 Моечная*

С поверхности детали необходимо удалить эксплуатационные (масло грязевые отложения, остатки масла) и технологические (грязевые отложения, возникшие в процессе доставки коленчатого вала на участок, хранения и т.д) загрязнения.

Масляные каналы необходимо прочистить ёршем. Для этого необходимо удалить пробки из масляных каналов.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24



Для очистки применяются следующее оборудование и материалы:

1) Машина моечная позволяющая (при выборе необходимо учитывать размеры рабочей камеры, максимальный вес загрузки). Наиболее часто в авторемонтных мастерских применяются струйные мойки;

2) Моющее средство;

3) Скребок и металлический ёрш для ручной очистки;

4) Ключ для винтов с внутренним шестигранником (демонтаж пробки-заглушки).

#### *010 Дефектовочная*

Дефектовать согласно технологическим требованиям на приемку и восстановление. Первоначально проводится визуальный осмотр на наличие видимых дефектов (видимые трещины, царапины, задиры), за ним следует инструментальное обследование (проверка на скрытые трещины, определение износа коренных и шатунных шеек).

Для дефектовки применяются следующее оборудование и материалы:

1) Стол для дефектации;

2) Микрометр (для определения износа шатунных и коренных шеек коленчатого вала);

3) Индикатор со штативом (для определения биения коленчатого вала);

4) Магнитный дефектоскоп (для проверки на скрытые трещины).

#### *015 Шлифовальная*

Шейки коленчатого вала шлифуют под один из ремонтных размеров. Данную операцию выполняют на специальных станках. Как правило, оборудованными устройствами для правки круга по радиусу, торцам и периферии, а так же дающие возможность осевой установки стола для обеспечения требуемого расстояния между шейками обрабатываемого вала. Механическая обработка коренных шеек осуществляется в центрах, а шатунных в патронах с применением цетросместителей.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

На шлифовальной операции применяется следующее оборудование и материалы:

- 1) Шлифовальный станок;
- 2) Шлифовальный круг (выбирается согласно справочникам);
- 3) Хомут поводковый;
- 4) Центр;
- 5) Центросместитель;
- 6) Микрометр;
- 7) Индикатор со штативом;
- 8) Образцы шероховатости.

#### *020 Карбонитрация*

Процесс карбонитрации состоит из трех этапов: подогрев (нагрев) коленчатого вала до температуры 300 – 350°C; его выдержка в растворе солей и последующее охлаждение с очисткой поверхности от остатка раствора солей.

Для проведения карбонитрации необходимо:

- 1) Печь для подогрева;
- 2) Ванна карбонитрации;
- 3) Бак охлаждения;
- 4) Бак промывки;
- 5) Соли для карбонитрации;
- 6) Регенератор для раствора солей.

#### *025 Полировальная*

Полирование окончательная операция механической обработки. Суть, которой заключается в удалении минимального слоя обрабатываемого материала. Необходимость в данной операции возникает по причине ухудшения качества поверхности деталей прошедших карбонитрацию.

Для проведения полирования необходимо:

- 1) Полировальная машина;
- 2) Абразивный инструмент;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3) Образцы шероховатости;

4) Скоба СИ.

#### *030 Балансировочная*

Целью данной операции является устранение динамической неуравновешенности коленчатых валов, что позволяет снизить вибрацию, повысить комфортность эксплуатации и ресурс двигателя. Балансировка коленчатых валов осуществляется на специальных стендах.

Для проведения балансировки необходимо:

1) Балансировочный станок;

2) Патрон сверлильный трех кулачковый;

3) Сверло.

#### *035 Контрольная*

Контроль восстановленных поверхностей.

Для проведения контрольной операции необходимо:

1) Стол;

2) Микрометр;

3) Индикатор и штатив;

4) Образцы шероховатости;

5) Набор калибров.

### **2.2.1 Выбор технологического оборудования**

#### *005 Моечная:*

1) Моечная машина АМ900 ЕКО

Технические характеристики:

- Диаметр корзины: 900 мм;

- Высота рабочего пространства: 500 мм;

- Грузоподъемность корзины: 250 кг;

- Давление на форсунках: 2,5 – 3 бар;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

- Производительность насоса: 150 л/мин;

- Суммарная мощность: 5,78 кВт.

Применяется моющее средство МС-15 ТУ 2149-115-10968286-2000

Характеристики для очистки металлических поверхностей от смолистых и масляных загрязнений при ремонте машин, тракторов и иной техники:

- Рабочая температура: 50-80 °С;

- Концентрация рабочего раствора: 10-20 г/дм<sup>3</sup> (0,5-2 ст.лож).

#### *10 Дефектовочная*

##### 1) Дефектоскоп магнитный МД-50П

Технические характеристики:

- Длина импульса импульсного тока: 1,4 – 1,8 мс;

- Регулировка тока : в намагничивающем кабеле 100 – 4500 А, через электроконтакты 100 – 1200 А;

- Частота автоматического повторения импульса от заданного значения до нуля: 1Гц;

- Потребляемая модулем средняя мощность: 120 Вт.

##### 2) Стол для дефектации ОРГ-10-6801-090А;

Технические характеристики:

- Габаритные размеры 1160х695 мм.

#### *015 Шлифовальная:*

Кругло шлифовальный станок 3А423

Технические характеристики:

- Класс точности: повышенной точности;

- Наибольший диаметр устанавливаемого изделия: 580 мм;

- Наибольшая длина устанавливаемого изделия: 1600 мм;

- Наибольший диаметр шлифования без люнетов: 30...150 мм;

- Наибольший радиус кривошипа: 110 мм;

- Наибольшая масса обрабатываемого изделия 130 мм;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

- Мощность электродвигатель: электродвигатель шпинделя шлифовальной бабки 7,5 кВт; электродвигатель насоса системы охлаждения 0,175 кВт; электродвигатель основного насоса гидросистемы 1,7 кВт; электродвигатель привода изделия 0,7 кВт.

*020 Карбонитрация:*

1) Электропечь шахтная ПМ-В 150Т

Технические характеристики:

- Номинальная потребляемая мощность: 5 кВт;
- Максимальная рабочая температура: 1200 °С;
- Размеры рабочего пространства: Ø740x465 мм;
- Тип загрузки: вертикальная.

2) Низкотемпературная соленая ванна СВС 3.8;

- Размеры рабочей зоны; 300x800x450 мм;
- Максимальная температура камеры 650°С;
- Мощность: 35 кВт.

3) Ванна для охлаждения деталей 05.Э.078.50.000

Технические характеристики:

- Толщина стали: 5мм;
- Марка стали: сталь 10;
- Размеры рабочего пространства: 1000x500x700.

4) Три ванны для промывки детали (каскад для промывки):

Технические характеристики:

- Размеры рабочего пространства: 800x500x700.

*025 Полировальная*

Ленточно полировальная машина ЛПМ 25-1050

Технические характеристики:

- Мощность электропривода: 1,05 кВт;
- Частота вращения вала: 10 000 об/мин;
- Ширина ленты: 25 мм;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Длина ленты: 1050 мм.

*030 Балансировочная:*

Балансировочный станок ТБ 50

Технические характеристики:

- Максимальный вес ротора: 50 кг;
- Минимальный вес ротора: 3кг;
- Максимальный диаметр балансируемого ротора: 700 мм;
- Диапазон частоты вращения ротора: 200 – 2000 об/мин;
- Наименьшее значение остаточного дисбаланса: 0,5 г·мм/кг;
- Мощность электродвигателя: 2,2 кВт.

**2.2.2 Выбор измерительного и контрольного оборудования**

*010 Дефектовочная*

- 1) Штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70;
- 2) Индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-68;
- 3) Микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90;

*015 Шлифовальная:*

- 1) Индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-68;
- 2) Штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70;
- 3) Микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90;
- 4) Образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75.

*025 Полировальная*

- 1) Микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90;
- 2) Образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75.

*035 Контрольная*

- 1) Микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90;
- 2) Индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-68;
- 3) Штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4) Образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75.

### 2.2.3 Выбор станочных приспособлений

*015 Шлифовальная:*

- 1) Хомут поводковый хомут 7107-0039 ГОСТ 2578-70;
- 2) Центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75;
- 3) Центросместитель цеховой.

### 2.2.4 Определение фондов рабочего времени

Предприятие по ремонту коленчатого вала УМЗ 4173.10050 относится к прерывному производству. В связи с этим принимаем пятидневную рабочую неделю, то есть число рабочих дней в 2020 году равно 248. Работы на предприятии будут осуществляться в одну смену.

Номинальный годовой фонд времени находится по формуле [32]:

$$\Phi_n = (K_p \cdot t_{cm} - K_n \cdot t_c) \cdot n, \quad (2.1)$$

где  $K_p$  – число рабочих дней в году:  $K_p = 248$  дня;

$t_{cm}$  – продолжительность смены:  $t_{cm} = 7$  ч;

$K_n$  – число предвыходных и предпраздничных дней:  $K_n = 5$  дней;

$t_c$  – время, на которое сокращается рабочая смена в предвыходной или предпраздничный день:  $t_c = 1$  ч;

$n$  – число смен:  $n = 1$ .

При одноименном режиме для расчетов номинальный годовой фонд времени работы рабочих и оборудования рекомендуется брать равным 2070 ч [32].

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Действительный годовой фонд времени работы рабочих находится по формуле:

$$\Phi_{\partial} = (\Phi_{\text{н}} - K_0 \cdot t_{\text{см}}) \cdot \eta_{\text{р}}, \quad (2.2)$$

где  $K_0$  – общее число рабочих дней отпуска в году;

$\eta_{\text{р}}$  – коэффициент потерь рабочего времени.

Для условий работы ремонтных предприятий  $\eta_{\text{р}} = 0,97$ . Поэтому в следует принимать действительный годовой фонд времени работы рабочих в размере 1840 ч [37].

Действительный годовой фонд времени работы оборудования:

$$\Phi_{\partial\text{о}} = \Phi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{о}}, \quad (2.3)$$

где  $\eta_{\text{о}}$  – коэффициент использования оборудования.

Учитывая, что принят односменный режим, во всех расчетах следует брать коэффициент равным 0,98. Тогда действительный годовой фонд времени работы оборудования составляет 2030 ч [32].

Действительный годовой фонд времени рабочего места без механизированного оборудования равен

$$\Phi_{\partial.\text{м}} = \Phi_{\text{н}} \cdot \eta = 2070 \cdot 1 = 2070 \text{ ч.}, \quad (2.4)$$

## 2.2.5 Расчет количества оборудования и рабочих постов. Определение номенклатуры участков

1. Расчет количества моечных машин[32]:

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32



Мойку коленчатого вала УМЗ 4173.10050 будем производить на моечной машине АМ 900 ЕСО, предназначенной для очистки деталей среднего размера. Число этих машин определим по формуле

$$N_m = \frac{\sum Q}{\Phi_{\partial.o} \cdot q_r \cdot K_{zm}}, \quad (2.5)$$

где  $\sum Q$  – суммарная масса деталей, подлежащих очистке (принимая равной массе агрегата) в планируемом периоде:  $\sum Q = 0,018 \cdot 250 = 4,5$  т;

$q_z$  – часовая производительность машины:  $q_r = 0,25$  т/ч;

$K_{zm}$  – коэффициент, учитывающий степень загрузки машины:  $K_{zm} = 0,6-0,7$ .

$$N_m = \frac{4,5}{2030 \cdot 0,25 \cdot 0,6} = 0,01.$$

Принимаем  $N_m = 1$ .

2. Расчет количества столов для выполнения дефектовочных операций.

Данную операцию будем выполнять на столах на одно рабочее место. Тогда число рабочих мест, а, следовательно, и столов определим по формуле:

$$M_{\partial} = \frac{T_{\partial} \cdot N}{\Phi_{\partial m} \cdot P}, \quad (2.6)$$

где  $T_{\partial} = 0,3$ ч – трудоемкость дефектовочной операции.

$$M_{\partial} = \frac{0,3 \cdot 250}{2070 \cdot 1} = 0,03.$$

Принимаем  $M_{\partial} = 1$ .

3. Расчет количества оборудования для шлифовальных работ.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Шлифуем коленчатый вал под один из ремонтных размеров. Данную операцию будем проводить на шлифовальном станке 3А423.

$$N_{\text{шлиф}} = \frac{T_{\text{шлиф.р}} \cdot N}{\Phi \partial.о. \cdot K_3}, \quad (2.7)$$

где  $T_{\text{шлиф.р}}$  – трудоемкость шлифовальных работ:  $T_{\text{шлиф.р.}} = 1,5$  ч;

$K_3$  – коэффициент загрузки:  $K_3 = 0,7 \dots 0,8$ .

$$N_{\text{нап}} = \frac{1,5 \cdot 250}{2030 \cdot 0,8} = 0,23.$$

Принимаем  $N_{\text{нап}} = 1$ .

#### 4. Расчет оборудования для проведения карбонитрации[33].

Процесс карбонитрации включает в себя: предварительный подогрев коленчатого вала в печи, его выдержка в соленной ванне, охлаждение в ванне, промывку от остатков солей и сушку.

Количество линий для карбонитрации определим по формуле:

$$N_k = \frac{T_k + T_o \cdot N}{\Phi \partial.о.} \quad (2.8)$$

где  $T_k = 4$  ч – время затрачиваемое на карбонитрацию с подогревом.

$T_o = 0,25$  ч – время затрачиваемое охлаждение, мойку, сушку и контроль.

$$N_k = \frac{(4 + 0,25) \cdot 250}{2030} = 0,52.$$

Принимаем  $N_k = 1$ .

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 5. Расчет оборудования для проведения полировки.

Полировку будем производить с помощью приспособления для полирования шеек коленчатого вала ЛМП 25-1050, с использованием шлифовального станка 3А423 для закрепления и придания вращательного движения коленчатому валу.

Расчет будем проводить по формуле:

$$N_{\text{пол.р}} = \frac{T_{\text{пол.р}} \cdot N}{\Phi \partial . o . \cdot K_3}, \quad (2.9)$$

где  $T_{\text{пол.р}}$  – трудоемкость полировальных работ:  $T_{\text{пол.р}} = 0,5$  ч.

$$N_{\text{пол.р}} = \frac{0,5 \cdot 250}{2030 \cdot 0,8} = 0,06.$$

Принимаем  $N_{\text{пол.р}} = 1$ .

### 6. Расчет оборудования для выполнения балансировочных работ.

Данную операцию будем выполнять на универсальном балансировочном станке модели ТБ-50.

Расчет будем производить по формуле:

$$N_6 = \frac{T_6 \cdot N}{\Phi \partial . o . \cdot K_3}, \quad (2.10)$$

где  $T_6$  – трудоемкость балансировочных работ:  $T_{\text{пол.р}} = 0,5$  ч.

$$N_6 = \frac{0,5 \cdot 250}{2030 \cdot 0,8} = 0,1.$$

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Принимаем  $N_6=1$ .

7. Расчет оборудования для проведения выходного контроля.

Данную операцию будем выполнять на столах на одно рабочее место. Тогда число рабочих мест, а, следовательно, и столов определим по формуле:

$$M_{в.к} = \frac{T_{в.к} \cdot N}{\Phi \cdot \Sigma M \cdot P}, \quad (2.11)$$

где  $T_{в.к}$  – трудоемкость выполнения контрольных работ;  $T_{в.к} = 0,1$  ч.

$$M_{в.к} = \frac{0,1 \cdot 250}{2070 \cdot 1} = 0,01$$

Принимаем  $M_{в.к} = 1$ .

Результаты расчетов числа оборудования сведем с таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Перечень оборудования производственного корпуса.

Наименование зоны	Оборудование	Количе- ство, штук	Габаритные размеры (ДхШхВ)	Занимаемая площадь, м <sup>2</sup>
Моечный	Верстак ВЛК-2-10	1	1200x600x830	0,72
	Моечная машина АМ900 ЕКО	1	1260x1170x1240	1,4742
	Стеллаж МКФ15615-2.0	1	1525x610x2000	0,93
	Шкаф ТС 1095-002000	1	950x500x1000	0,475

Окончание таблицы 2.1

Дефектовки и контроля	Стол для дефектовки деталей ОРГ-1468-01-090А	1	1200x700x800	0,84
	Стеллаж ПР-150KD	1	750x400x1500	0,3
	Шкаф ТС 1095-002000	1	950x500x1000	0,475
Карбонитрации	Муфельная печь с вертикальной загрузкой ПМ-В 150Т	1	∅760x1000	0,45
	Низкотемпературная соленая ванна СВС 3.8.4.5/6,5	1	950x1450x1210	1,3775
	Ванна для охлаждения деталей 05.Э.078.50.000	1	900x1243x756	1,1187
	Ванна технологическая химстойкая для промывки	3	900x500x500	0,45
	Промышленный сушильный шкаф ШСВ-500-01	1	900x1400x920	1,26
	Стеллаж МКФ15615-2.0	1	1525x610x2000	0,93
	Шлифования и полировки	Шлифовальный станок 3А423	1	4600x2100x1580
	Стеллаж ПР-150KD	1	750x400x1500	0,3
	Шкаф ТС 1095-002000	1	950x500x1000	0,475
Балансировочная	Универсальный балансировочный станок ТБ КВ – 50	1	2000x1800x1800	3,6
	Стеллаж МКФ15615-2.0		1525x610x2000	0,93
	Шкаф ТС 1095-002000		950x500x1000	0,475

### 2.2.6 Расчет площадей производственных, вспомогательных и административно-бытовых помещений

Площадь производственных помещений находим по площади пола, занятой оборудованием, и переходным коэффициентам [32]. Площадь отдельных участков при этом методе определяется по формуле:

$$F = \sum F_0 \cdot K, \quad (2.12)$$

где  $\Sigma F_0$  – площадь, занятая оборудованием,  $\text{м}^2$ ;

$K$  – коэффициент рабочей зоны, учитывающий необходимость наличия проездов и проходов. Значения переходных коэффициентов основных подразделений [34].

Подставляя значения в формулу (2.12) получим:

$$F_m = 3,6 \cdot 5 = 18 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{деф}} = 1,62 \cdot 3,5 = 5,67 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{карб}} = 5,58 \cdot 5,5 = 30,69 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{шлиф}} = 10,43 \cdot 3,5 = 36,5 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{бал}} = 5 \cdot 3,5 = 17,5 \text{ м}^2.$$

Общая площадь производственных участков:

$$F_{\Sigma \text{пр}} = 18 + 5,67 + 30,69 + 36,5 + 17,5 = 108,36 \text{ м}^2.$$

Площадь вспомогательных, бытовых и административных помещений устанавливаются исходя из [35]:

1. под гардероб – из расчета  $0,75 \text{ м}^2$  на одного рабочего

$$F_{\text{гард}} = 0,75 \cdot P_{\text{общ}} = 0,8 \cdot 2 = 1,6 \text{ м}^2;$$

2. под умывальные – из расчета 1 кран площадью  $0,5 \text{ м}^2$  на 10 человек

$$F_{\text{ум}} = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ м}^2;$$

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

3. занимаемые душевыми – из расчета одна душевая кабина площадью 2 м<sup>2</sup> на 5 человек. Принимаем 1 душевые кабины. Тогда

$$F_{\text{душ}} = 1 \cdot 2 = 2 \text{ м}^2;$$

4. отводимые под санитарный узел – из расчета 1 унитаза площадью 3 м<sup>2</sup> на 15 человек. Принимаем 1 унитаза, тогда

$$F_{\text{унит}} = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м}^2;$$

5. под административные помещения исходя из расчета 5 м<sup>2</sup> на 1 человека,

$$F_{\text{адм}} = 1 \cdot 5 = 5 \text{ м}^2;$$

Общая площадь, занимаемая вспомогательными помещениями:

$$F_{\Sigma\text{вс}} = 1,6 + 0,5 + 2 + 3 + 5 = 12,1 \text{ м}^2.$$

### 2.2.7 Разработка компоновочного плана участка и планировка производственного корпуса

1. Определение габаритных размеров корпуса. Для корпуса по восстановлению изношенных деталей рекомендуемая ширина составляет  $B = 12 \text{ м}$  [34].

$$L_{\text{расч}} = ((F_{\Sigma\text{пр}} + F_{\Sigma\text{вс}}) + 0,1 \cdot (F_{\Sigma\text{пр}} + F_{\Sigma\text{вс}})) / B = ((108,36 + 12,1) + 0,1 \cdot (108,36 + 12,1)) / 12 = 11,04 \text{ м}.$$

Первоначально принимаем ближайшую кратную шести длину корпуса  $L = 12 \text{ м}$ .

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Планировка участка. При расстановке оборудования и рабочих мест соблюдались следующие требования. Оборудование располагается в порядке последовательности выполнения технологических операций, проходы и установленное оборудование должны обеспечить удобство подачи объектов, инструмента, технического обслуживания технологического оборудования, уборки отходов производства и соблюдение безопасности работы.

Размещение оборудования соответствует требованиям и норм расстояний между элементами зданий и оборудованием, расположенным на участке. Нормы расстояний между единицами оборудования, приведенными в [32,35]. Шкафы, стеллажи и верстаки для экономии полезной площади устанавливаем вплотную к стенам. Однако при наличии у стен отопительных радиаторов необходимо оставлять место на их размещение в связи с этим рекомендуется устанавливать оборудование на расстоянии 800 мм от таких стен. Ванны, формирующие каскад для промывки размещаются вплотную друг к другу.

В моечной зоне предусмотрены следующие нормы расстояний:

- от колонн до тыльной стороны моечной машины – 800 мм;
- от колонн до боковой стороны моечной машины – 800 мм;
- от стены до боковой стороны моечной машины – 800мм;
- при размещении верстаков или столов попарно по фронту – 2000 мм;
- от стены или колонны до тыльной стороны верстака или стола – 800 мм;
- от стены или колонны до боковой стороны верстака или стола – 600 мм.

Нормы расстояний в дефектовочной зоне:

- при размещении верстаков или столов попарно по фронту – 2000 мм;
- от стены или колонны до тыльной стороны верстака или стола – 800 мм;
- от стены или колонны до боковой стороны верстака или стола – 600 мм.

Нормы расстояний в слесарно-механической зоне:

- от стены или колонны до тыльной или боковой стороны станка – 800 мм;
- между станками при их расположении фронтом друг к другу – 2500 мм.

Нормы расстояний в зоне кабонитрации.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



- от стены или колонны до печи – 2000-2500 мм;
- расстояние от печи до соленой ванны – 2000 мм;
- расстояние от соленой ванны до ванны охлаждения – 1000 мм;
- расстояние от ванны охлаждения до каскада для промывки 700 мм;
- расстояние от стены или колонны до каскада промывки – 2000 мм;
- от стены или колонны до тыльной стороны сушилки – 800 мм;
- от стены или колонны до боковой стороны сушилки – 600 мм.

Нормы расстояния в зоне дефектации и выходного контроля:

- между тыльной стороной стенда и элементами здания – 800 мм;
- между боковой стороной стенда и элементами здания – 1000 мм;
- расстояния между стендами и вспомогательным оборудованием при условии их размещения тыльными или боковыми сторонами друг к другу – 600 мм.

3. При проектировании плана мастерской, была выявлена недостаточность площади для размещения оборудования и обеспечения оптимальных проходов. По этой причине принимаем длину корпуса равной  $B = 18$  м.

## 2.3 Режимы обработки коленчатого вала

### 2.3.1 Расчет режимов шлифования коленчатого вала

Шлифование – один из видов обработки материала резанием, при котором режущим элементом являются абразивные зерна. Движение резания при шлифовании – вращение шлифовального круга, движение подачи – возвратно-поступательное движение стола станка с заготовкой и (или) поступательное движение шлифовальной бабки со шлифовальным кругом.

Перед тем как производить расчет режимов резания необходимо произвести выбор шлифовального круга, его формы и размера. Стоит отметить, что размеры наружного диаметра должны выбираться, возможно, большими, допускае-

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

мыми паспортами станка. Вторым этапом рассчитываются режимы резания и основное время, необходимое для обработки поверхности.

Расчет будем проводить для коренной шейки (т.к. у коленчатых валов УМЗ 4173.1005011 шатунные шейки изнашиваются чаще, чем шатунные), по методики, изложенной в учебном пособии [36].

#### 1. Выбор шлифовального круга.

Согласно с паспортными данными станка выбираем шлифовальный круг, имеющий прямой профиль. ПП 900-25-305. Наиболее подходящим абразивным материалом для обработки коленчатых валов обеспечивающих высокую точность, стойкость и отсутствие прижогов: хром-титанистый электрокорунд; белый электрокорунд; смесь карбида кремния зеленого и различных видов электрокорунда. Рекомендованный шлифовальный круг для обработки чугуна: 54С16-26НС15К1. Полная маркировка шлифовального круга имеет вид: ПП 900-25-305 54С16-26НС15К1 ГОСТ 2424-83

#### 2. Скорость главного движения $v_{кр}$ , м/с, выбирается по паспорту станка.

$$v_{кр} = 50 \text{ м/с}$$

Далее произведём расчет частоты вращения круга по формуле:

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v_{кр}}{\pi \cdot D_{кр}}, \text{ об/мин}; \quad (2.13)$$

где  $v_{кр}$  – скорость резания, м/с;

$D_{кр}$  – диаметр шлифовального круга, мм.

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 50}{3,14 \cdot 900} = 1\,061,57 \text{ об/мин};$$

Скорректируем полученное значение с паспортными данными станка.

$$n_{кр} = 730 \text{ об/мин.}$$

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3) Частота вращения изделия  $n_{\text{изд}}$ , об/мин принимается в зависимости от диаметра шлифуемого изделия, а также его материала и твёрдости. После выбора частоты вращения принимают её ближайшее меньшее значение по паспорту станка.  $n_{\text{изд}} = 108$  об/мин.

Затем определяют скорость окружной подачи  $v_3$ , по принятому значению  $n_{\text{изд}}$ .

$$v_3 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{изд}}}{1000} \text{ м/мин}; \quad (2.14)$$

где  $D$  – диаметр шлифуемого изделия, мм.

$$v_3 = \frac{3,14 \cdot 64 \cdot 108}{1000} = 21,70 \text{ м/мин};$$

4) Продольная минутная подача  $S_{\text{пр}}$ , мм/мин, принимается в зависимости от диаметра шлифования и припуска на диаметр. Принятое значение корректируется по паспорту станка.  $S_{\text{пр}} = 600$  мм/мин;

Продольная подача на оборот заготовки определяется по формуле:

$$S_0 = \frac{S_{\text{пр}}}{n_{\text{из.пр}}} = \frac{600}{108} = 5,55 \text{ мм/об} \quad (2.15)$$

5) Минутная рабочая поперечная подача  $S_{\text{поп.р}}$ , мм/мин

$$S_{\text{поп.р}} = S_{\text{поп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5; \quad (2.16)$$

где  $S_{\text{поп.р}}$  – минутная поперечная подача;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_1$  – коэффициент, учитывающий влияние марки обрабатываемого материала, точность и шероховатость после шлифования;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий размеры и скорость вращения шлифовального круга;

$K_3$  – коэффициент, зависящий от способа шлифования и контроля размеров;

$K_4$  – коэффициент, зависящий от формы поверхности и жесткости изделия;

$K_5$  – коэффициент, зависящий от жесткости станка.

$$S_{\text{поп.р}} = 0,044 \cdot 1,6 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,049 \text{ мм/мин};$$

Рассчитанное значение  $S_{\text{поп.р}}$  корректируют по паспортным данным станка  $S_{\text{поп.пр}}$ .

$$S_{\text{поп.пр}} = 0,05 \text{ мм/мин.}$$

5) Основное время  $T_0$ , мин, рассчитывают по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot h}{S_{\text{пр}} \cdot S_{\text{поп.пр}}}; \quad (2.17)$$

где  $h$  – припуск на шлифование, мм;

$L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм.

$L = 40$  мм, длина коренной шейки.

$$T_0 = \frac{40 \cdot 0,25}{600 \cdot 0,05} = 0,34 \text{ мин.}$$

Однако на практике штучное время обработки одного коленчатого вала УМЗ 4173.1005011 составляет 1,5 часа. Это связано со сложной геометрической формой валов и временем его установки на станок.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

### 2.3.2 Режимы карбонитрации коленчатого вала УМЗ 4173.1005011

В работе «Повышение межремонтного ресурса чугунных коленчатых валов конструктивно-технологическими способами» [30] обоснованы режимы карбонитрации применительно к коленчатым валам из материала ВК-50.

За основу был взят разработанный Д.А. Прокошкиным технологический состав расплава для процесса карбонитрации (75...85 % KCNО + 15...25 % K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) с небольшими доработками зарубежных фирм. В нашем случае лидера в жидкостных процессах поверхностного упрочнения «Durferrit» с технологией «Tenifer» (практически полный аналог отечественной технологии карбонитрации).

Следует отметить, что окисление цианатов в ванне приводит к накоплению осадка (карбонатов), что значительно снижает активность расплава и его жидкотекучесть. Для восстановления соляной ванны используются регенерирующие составы, основным компонентом которых является аммоноуглеродные соединения: меламина, мелон, дициандиамида, которые восстанавливают карбонаты до цианатов. (Схематично реакцию регенератора можно представить: карбонат (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) + регенератор → цианат (CNO)). Добавление регенераторов в ванну и их концентрация определяется исходя из конкретного состава ванны (концентрации карбоната в расплаве). При карбонитрации черных металлов согласно технологии «Tenifer» используется регенератор REG1.

По данным испытаний, карбонитрация на представленных в работе режимах позволила значительно повысить предел выносливости и износостойкость чугунных коленчатых валов, и рекомендовалась Школкиным Е.А. для внедрения в ремонтное производство.

Для карбонитрации назначались режимы: температура – 570°С, время выдержки – 3 часа с последующим охлаждением в воду комнатной температуры.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

### 2.3.3 Режимы ленточного полирования коленчатого вала УМЗ 4173.1005011

При окончательной обработке коленчатых валов в ремонтном производстве применяют полирование бесконечной лентой изготовленной из шлифовальной шкурки на бумажной или тканевой основе, разной степени зернистости.

Абразивными лентами обрабатываются различные материалы. За счет своей эластичности лента позволяет обрабатывать труднодоступные элементы деталей, что облегчает обработку галтелей и разгружающих выточек коленчатых валов в процессе обработки. Также стоит отметить их высокую производительность относительно других способов полирования.

Наиболее чистая поверхность при небольшом съёме материала детали при ленточном полировании получается в процессе полирования на свободной ветви ленты.

Производительность и качество поверхности при обработке бесконечной лентой зависят от скорости движения ленты и давления на деталь.

Исходя из справочника под редакцией к.т.н Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. [37] были выбраны режимы для полирования и скорректированы с паспортными данными (техническими характеристиками) применяемого оборудования. Режимы обработки шейки коленчатого вала представлены в таблице 3.1

Для придания коленчатому валу УМЗ 4173.1005011 вращательного движения во время полировки устанавливаем его на круглошлифовальный станок 3А423.

Таблица 2.2 – рекомендованные режимы полирования изделий из чугуна

Характеристика ленты		Скорость ленты, $v_d$ ; м/с	Давление на деталь, МПа	Скорость вращения детали, $v_d$ ; об/мин	СОЖ
Абразивный материал	При полировании				
63С	10-М20	33	0,15	31	Содовый раствор

Полная маркировка абразивного инструмента: лента бесконечная ЛБ  
25x1050 63С М20 УГ ГОСТ 5009-79.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3 Конструкторский раздел

#### 3.1 Анализ стендов для проведения усталостных испытаний коленчатых валов

Как было сказано ранее при восстановлении коленчатых валов усталостная долговечность снижается, и как следствие относительный предел выносливости не в последнюю очередь зависит от метода восстановления. В связи с этим определение усталостных показателей восстановленных валов является актуальной задачей.

В настоящее время методики ускоренных стендовых испытаний по определению пределов выносливости получили большое распространение [10,30,38].

Для проведения подобных испытаний необходимо весьма узконаправленное оборудование. Несмотря на это многие используют стенды для испытания цилиндрических образцов идентичных по материалу и структуре исследуемому коленчатому валу[38].

Одна из наиболее часто применяемых машин можно отнести стенд типа МУИ-6000 испытывающая образцы при чистом повторно-переменном изгибе, определяющая предел выносливости согласно требованию ГОСТ 25.507-85 по методу одноступенчатых испытаний (испытания по Валеру). Сущность испытания заключается в предварительном воздействии на образец переменных напряжений превышающих предел выносливости испытываемого материала. Далее в процессе испытаний для последующих образцов напряжение снижают до величины, при котором образец разрушается при выбранной базе испытаний. К неоспоримому достоинству такого подхода можно отнести экономию ресурсов. Но вследствие особенностей конструкции и специфики разрушения (трещины и усталостное разрушение происходят чаще всего в области галтелей) данный подход не дает полной оценки пределов выносливости коленчатого вала[38].

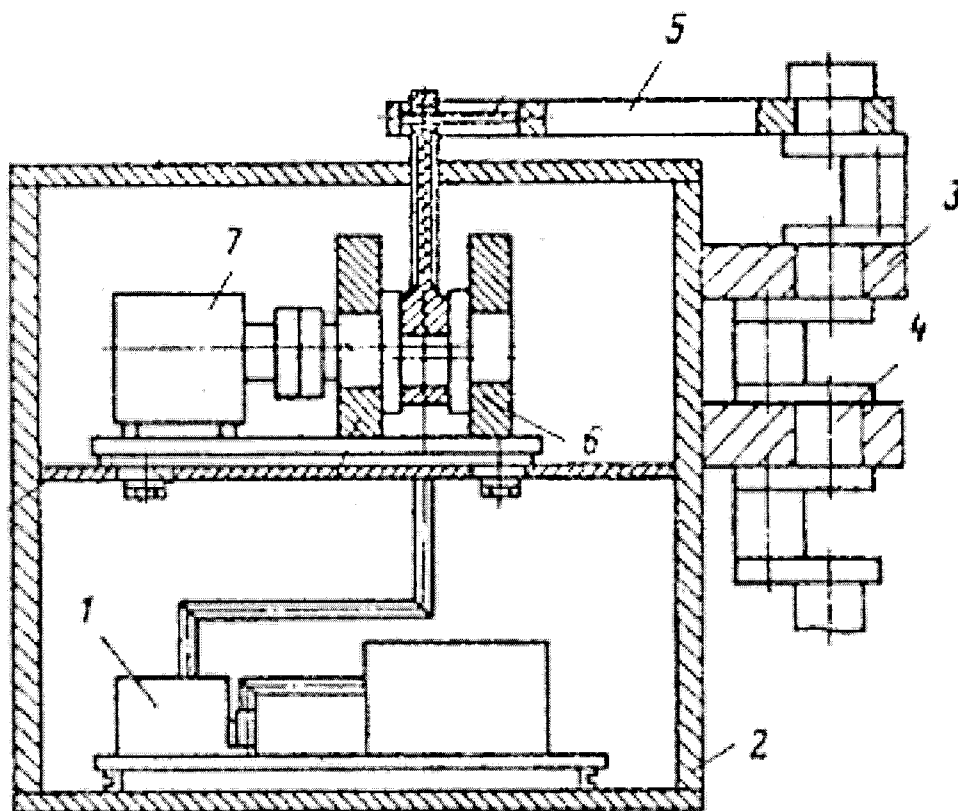
					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48



На основании патентного поиска на сайте ФИПС (Федеральный институт промышленной собственности) к стандам позволяющим провести испытания натуральных коленчатых валов можно отнести:

-Стенд для испытания на усталостную прочность коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания (патент SU 1603209)(рисунок 3.1)[38,39].

Стенд предназначен для испытания коленчатых валов с заданием асимметрии и амплитуды нагружения, осуществлять динамические режимы нагружения, для получения более точных сведений об усталостной прочности испытываемых коленчатых валов. Механизм нагружения представляет собой кривошипно-шатунный механизм с вертикальным расположением плиты для размещения коренных опор. Что позволяет снизить металлоёмкость стенда.



1 – Система смазки; 2 – плита; 3 – плита для размещения коренных опор; 4 – коленчатый вал; 5 – консольная балка; 6 – опора; 7 – механизм нагружения.

Рисунок 3.1 – Стенд для испытания на усталостную прочность коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

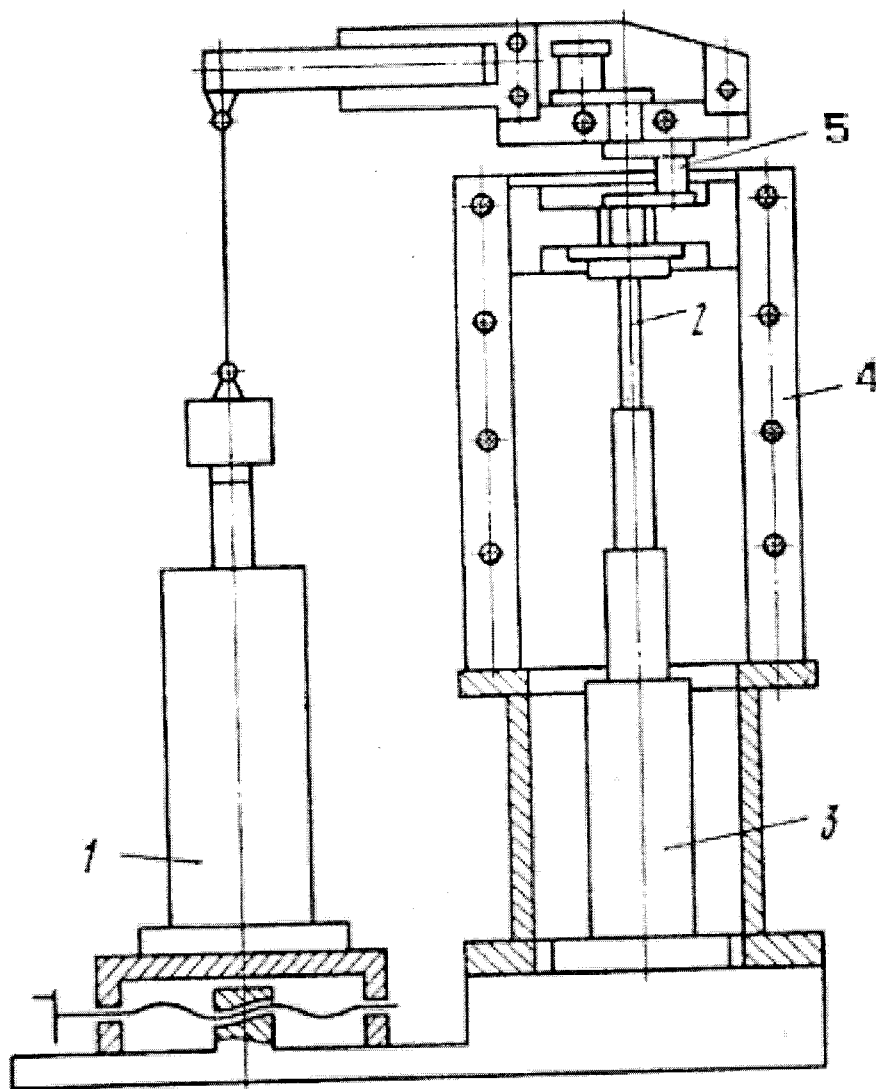
БР- 02069964-23.03.03-14-20

Лист

49

-Стенд для испытания коленчатых валов (патент SU 1696932) (рисунок 3.2)[38,40].

Стенд отличается возможностью испытания на статическую и усталостную прочность с испытанием каждой шейки последовательно для выявления слабой из них. Задачей представленного стенда является повышение надежности и достоверности испытаний за счёт применения устройства для осевого перемещения коленчатого вала (плечо приложения силы) и разъёмные зажимные элементы с разрезными сменными втулками.



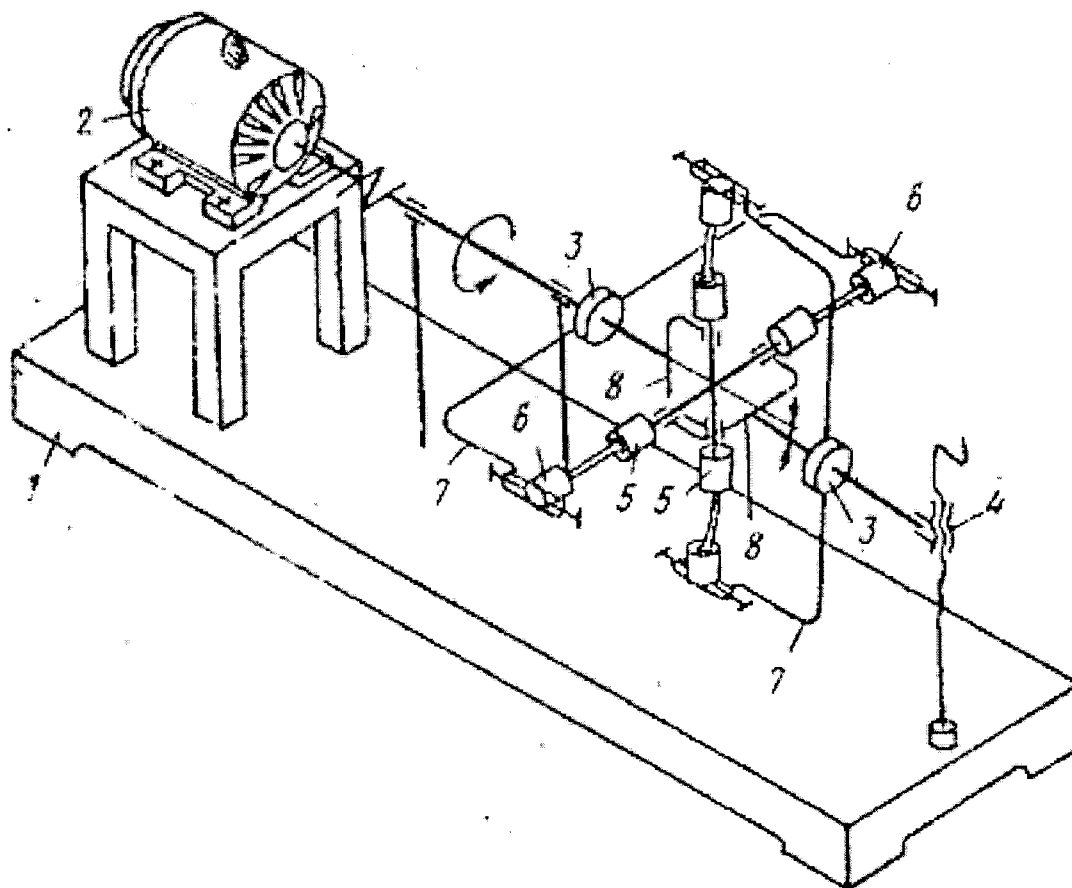
1-Механизм нагружения; 2-рабочий орган; 3-устройство осевого перемещения;  
4-корпус; 5-коленчатый вал.

Рисунок 3.2 – Стенд для испытания коленчатых валов

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

-Стенд для усталостных испытаний (патент SU 1317317)(рисунок 3.3)[41].

Хотя автор данного изобретения ничего не указал о возможности проведения усталостных испытаний коленчатого вала на данном стенде, но теоретически с доработками это может быть, возможным. Данный стенд вызывает интерес возможностью проведения усталостных испытаний на изгиб. И самое интересное, с действием совместной нагрузки на изгиба и кручения. Это достигается наличием в механизме активных и пассивных захватов и наличием карданного шарнира, выполненного в виде креставины с двумя вилками, шарнирно на ней установленными.



1-Станина; 2-нагружающий механизм; 3-втулка; 4-механизм перемещения с нагружающим валом; 5- пассивный захват; 6- активный захват; 7- скоба; 8- вилка.

Рисунок 3.3 – Стенд для усталостных испытаний.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

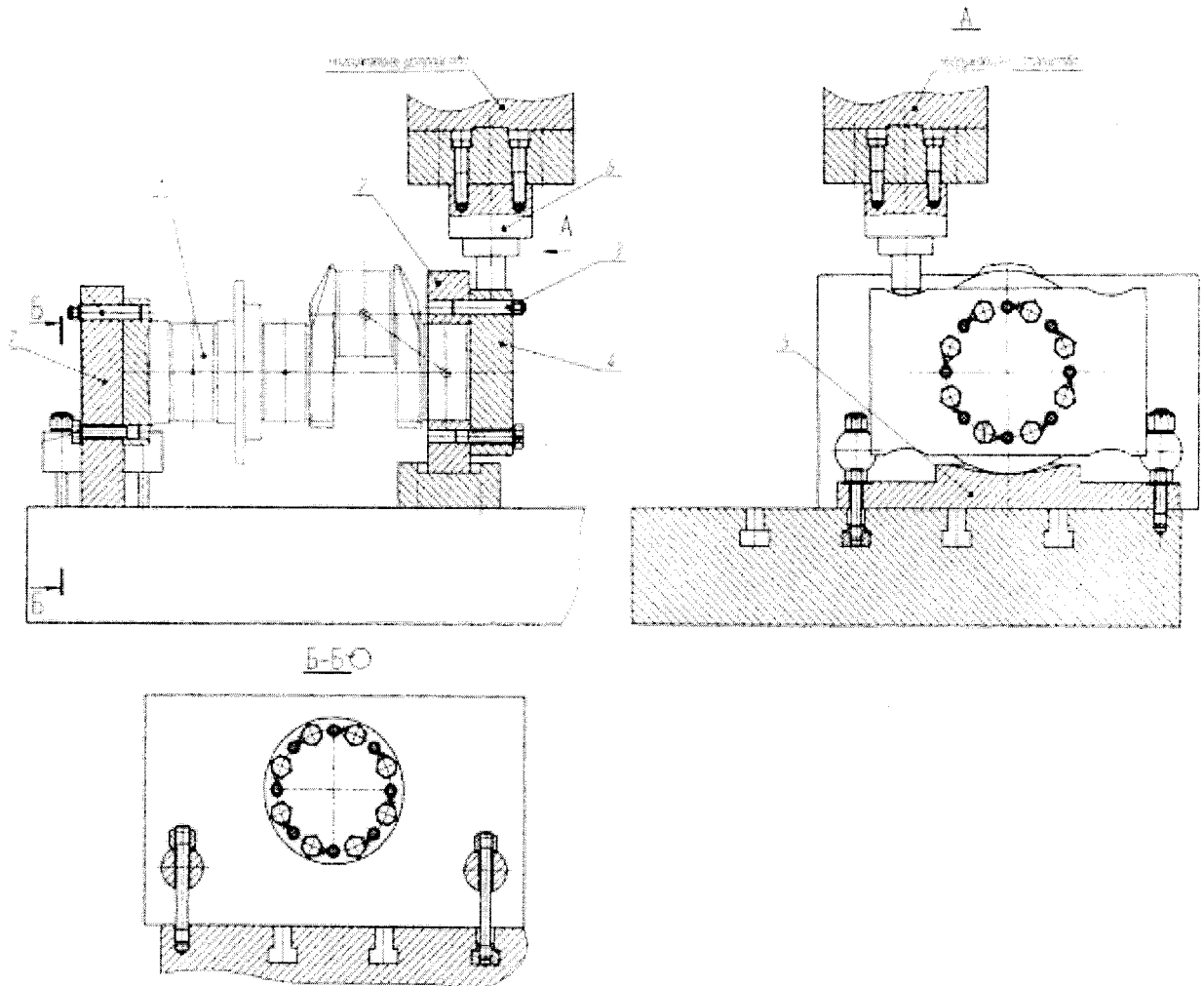
БР- 02069964-23.03.03-14-20

Лист

51

- Стенд для усталостных испытаний на кручение коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания (патент RU 2570333) (рисунок 3.4)[38,42].

Задачей рассматриваемого стенда является расширение функциональных возможностей путем проведения усталостных испытаний на кручение коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания с произвольным законом нагружения. Подобные испытания позволяют более правильно моделировать условия, в которых работает коленчатый вал при эксплуатации.

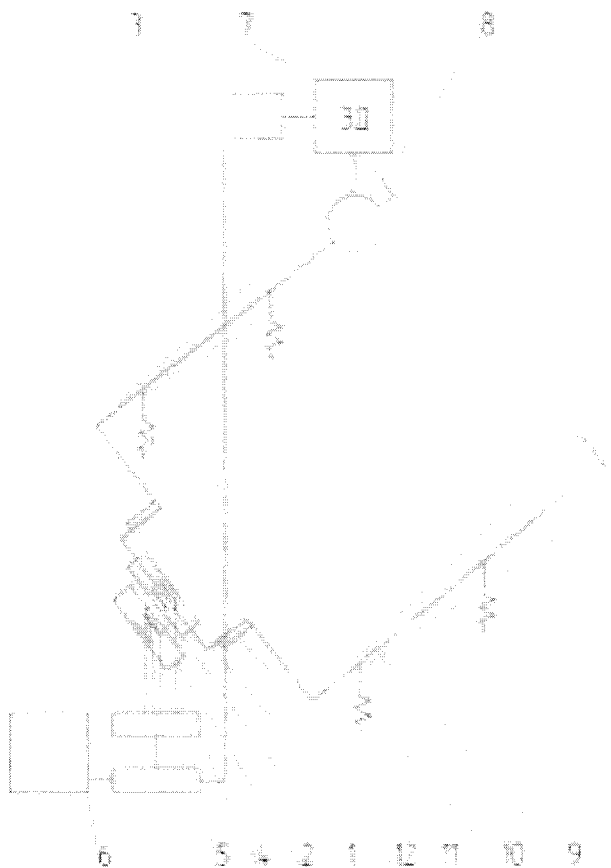


- 1 - коленчатый вал; 2 – каток; 3 – штифт; 4 – рычаг; 5 – опорная плита;  
6 – сферический упор; 7 – стойка.

Рисунок 3.4 – Стенд для усталостных испытаний на кручение коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания

В МГУ им. Н.П. Огарева используется стенд резонансного типа модели Л11-20 «Ремдеталь» (рисунок 3.5).

Принцип работы стенда основан на возбуждении колебаний двух траверс эксцентриком, приводимым во вращение электродвигателем планетарного типа. Траверсы расположены на опорных пружинах. Упругая связь между траверсами достигается благодаря коленчатому валу установленному в замок посредством двух призм.[10]



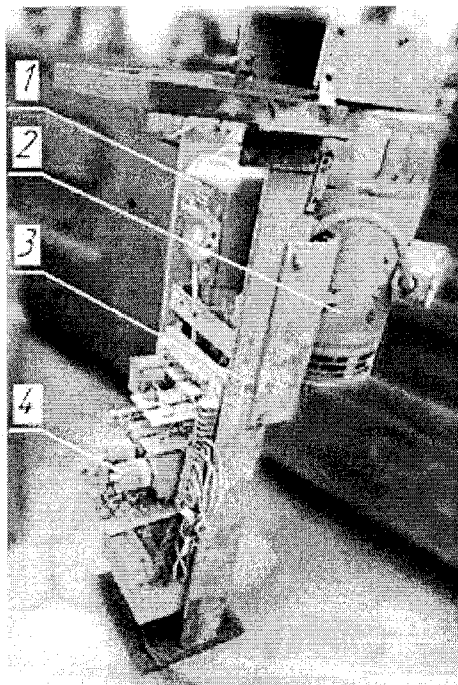
1 – измерительные тензодатчики; 2 – балансирующие тензодатчики; 3 – датчик числа оборотов; 4 – усилитель; 5 – преобразователь; 6 – компьютер; 7 – электродвигатель; 8 – эксцентрик; 9 – траверсы; 10 – опорные пружины; 11 – зажимной механизм; 12 – коленчатый вал.

Рисунок 3.5 – Стенд для испытаний коленчатых валов на усталость при переменном симметричном изгибе

### 3.2 Возможность модернизации стенда для испытания коленчатых валов на усталостную прочность модели Л11-20

Стенд модели Л11-20 был доработан в МГУ им. Н.П. Огарева. Изменению подверглась система для контроля и оценки деформации коленчатого вала. Суть заключалось в следующем: на шатунные шейки коленчатого вала в плоскости кривошипа монтировались измерительные тензорезисторы включаемые по мостовой схеме с двумя балансирными датчиками, сигналы от этих датчиков подавались на предварительный усилитель TDA и далее на аналого-цифровой преобразователь Zet-210 «Sigma USB» (ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы - ЗЭТ»), и затем в компьютер[43].

В работах [44,45] была выявлена необходимость в дальнейшей модернизации стенда. В первую очередь критике подверглась система регулировки частоты вращения выходного вала электродвигателя (рисунок 3.6).



1 – Блок включения и выключения электродвигателя; 2 – электродвигатель; 3 – стойка; 4 – трансформатор

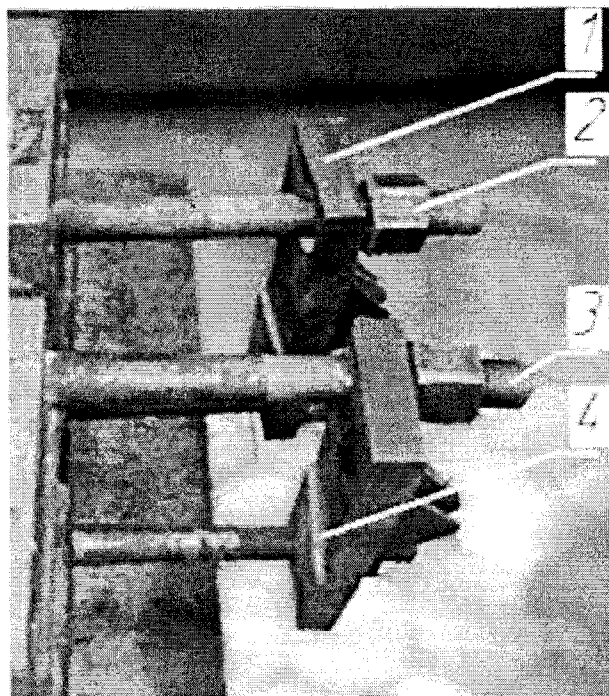
Рисунок 3.6 – Система управления электродвигателем на исходном стенде Л11-20«Ремдеталь»

Во время проведения эксперимента возникает необходимость в корректировке частоты вращения двигателя, что непосредственно ведет к погрешности при оценке усталостной прочности исследуемого натурального коленчатого вала.

Для решения данной задачи наиболее рациональным предложением является полная замена системы управления электродвигателем. В связи с этим рекомендуется установить частотный преобразователь, электродвигатель и повышающий редуктор с созданием программного комплекса по его управлению.

### 3.3 Зажимной механизм, момент затяжки болтового соединения и толщины прижимной пластины

От качества монтажных работ по закреплению испытуемого коленчатого вала в зажимной механизм (рисунок 3.7) стенда во многом зависит достоверность данных испытания [45].



1 – Прижимная пластина; 2 – гайка; 3 – болт; 4 – пазовое соединение

Рисунок 3.7 – Зажимной механизм стенда Л11-20 «Ремдеталь»

Одна из причин это значительные монтажные силы в зоне фиксации шеек коленчатого вала и элементов зажимного механизма. С целью минимизации их

влияния на результаты испытания испытываемую шейку необходимо установить так, чтобы она была удалена от зажимающих упоров на расстоянии не менее 10 мм[9]. В связи с этим предлагается конструкция призм (рисунок 3.8) выполняющих роль упоров[45].

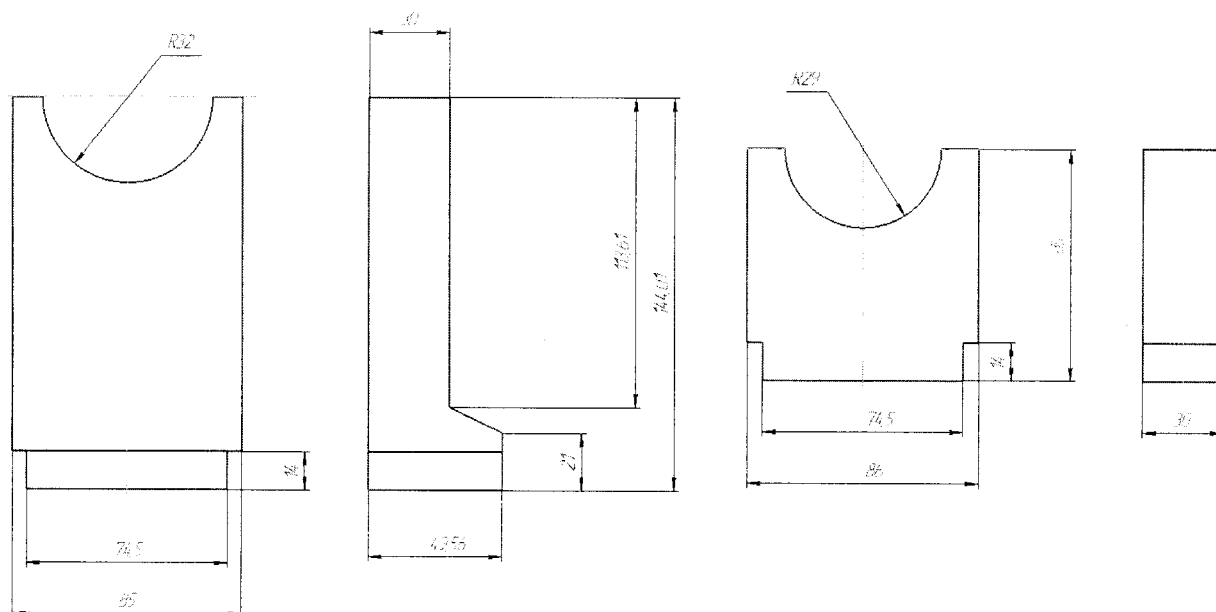


Рисунок 3.8 – Призмы для фиксации коленчатого вала

Использование призм данной формы позволяет распределить напряжения от монтажных сил более равномерно и исключить возможность проворачивания коленчатого вала в ходе испытания.

### 3.3.1 Момент затяжки

Зажимной механизм резонансного стенда Л11-20 «Ремдеталь» снабжен болтовым соединением. Производить расчет будем максимального момента для стандартного соединения установки по формуле [46]

$$M = k \cdot F \cdot d_2 \cdot \left( \frac{P}{\pi \cdot d_2} + f_p \right), \quad (3.1)$$

где  $k$  – коэффициент затяжки;  $k = 4$ ;

$F$  – осевое усилие от затяжки;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56



$P$  – шаг резьбы;  $P = 3,5$  мм;

$d_2$  – средний диаметр;  $d_2 = 27,727$  мм;

$f_p$  – коэффициент трения;  $f_p = 0,2$ .

Исходя из того, что усилие от затяжки должно быть максимально, осевую силу рассчитаем по пределу текучести.

$$F = \sigma_t \cdot S, \quad (3.2)$$

где  $\sigma_t$  – предел текучести;  $\sigma_t = 36$  кгс/мм<sup>2</sup>;

$S$  – площадь сечения.

$$S = \pi \cdot \frac{d_{min}^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{26,211^2}{4} = 20,575 \text{ мм}^2, \quad (3.3)$$

где  $d_{min}^2$  – внутренний диаметр резьбы;  $d_{min}^2 = 26,211$  мм.

Тогда по формуле 3.2 получаем, что осевое усилие

$$F = 36 \cdot 26,211 = 943,596 \text{ кгс},$$

Исходя из формулы 3.1, максимальный момент затяжки составляет

$$M = 4 \cdot 943,596 \cdot 27,727 \cdot \left( \frac{3,5}{3,14 \cdot 27,727} + 0,2 \right) = 29\,563,81 \text{ кгс} \cdot \text{мм}.$$

### 3.3.2 Расчет толщины прижимной пластины

Произведем расчет толщины прижимной пластины. Схема для расчета представлена на рисунке 3.9.

Из условия равновесия:

Сумма проекций всех сил на вертикальную ось равна нулю[47]

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$$\sum F(y) = 0; \quad (3.4)$$

Сумма моментов относительно любой точки системы равна нулю[47]

$$\sum F(x) = 0; \quad (3.5)$$

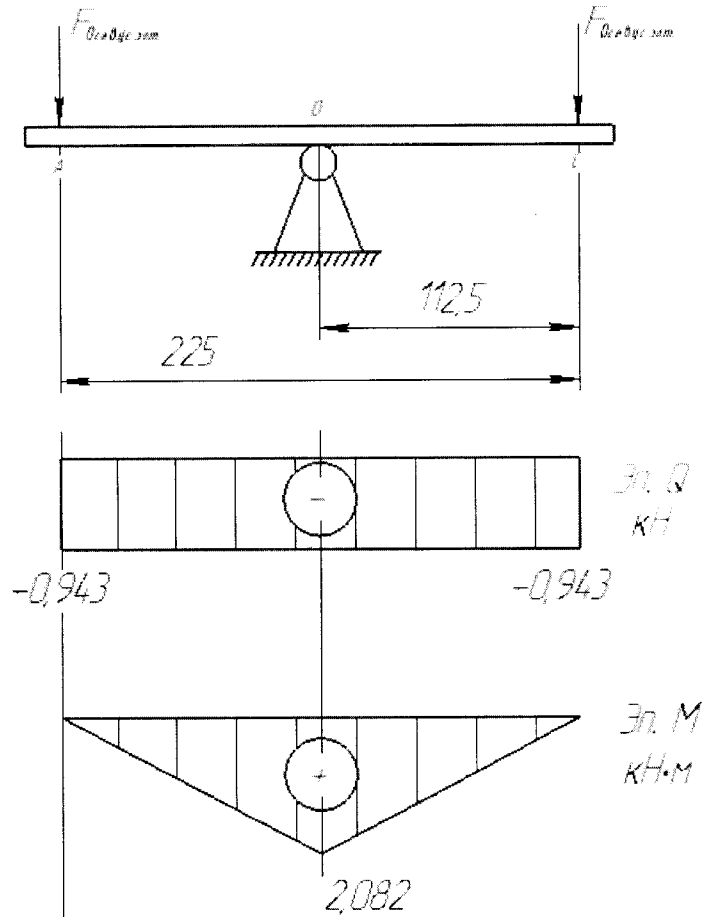


Рисунок 3.9 – Схема нагружения пластины, эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

Сумма проекций всех сил на ось Y

$$R(y) = -2F_{Осев.ус.зат.} = -2 \cdot 943,596 \text{ кгс} = -1887,192 \text{ кгс} = 18507,03 \text{ Н},$$

где  $F_{\text{Осев.ус.зат.}}$  – усилие от затяжки болтового соединения;

$R$  – реакция опоры.

Сумма моментов всех нагрузок относительно точки  $O$ :

$$\begin{aligned} M(x) &= F_{\text{Осев.ус.зат.}} \cdot OC + F_{\text{Осев.ус.зат.}} \cdot AO = 2 \cdot (9253,515 \cdot 0,1125) \\ &= 2082,04 \text{ Н} \cdot \text{м} = 2,082 \text{ кН} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

Наибольший изгибающий момент, возникающий в сечении пластины равен  $M_x = 2,082 \text{ кН} \cdot \text{м}$ . Используя условие прочности, определяем момент сопротивления[47]

$$W_x \geq \frac{M_o}{[\sigma]} = \frac{2,082 \cdot 10^3}{360 \cdot 10^6} = 5,78 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 = 5,78 \text{ см}^3 \quad (3.6)$$

где  $[\sigma]$  – предел текучести; для стали 45  $[\sigma] = 360 \text{ МПа}$ .

Определим размеры поперечного сечения.

Момент сопротивления прямоугольного сечения определяется по формуле[47]

$$W_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{8 \cdot h^2}{6} = 1,33h^2 = 5,78 \text{ см}^3 \quad (3.7)$$

где  $b$  – ширина пластины, см;

$h$  – толщина пластины, см.

Отсюда минимальная толщина прижимной пластины составит

$$h = \sqrt{\frac{5,78}{1,33}} = 2 \text{ см.}$$

С учетом необходимого двукратного запаса примем толщину прижимной пластины равной 4 см или 40 мм.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4 Экономический раздел

Произведем расчет экономической эффективности внедрения упрочнения в технологический процесс восстановления коленчатых валов на примере УМЗ 4173.10050.

Согласно данным представленным предприятием «Авто 141» (ранее «АвтоБизнес Центр») специализирующимся на ремонте продукции ГАЗ, процент излома коленчатых валов УМЗ 4173.10050, очень высок. Вследствие этого рекомендуется использовать только 3-4 ремонтных размера (0,75-1,00 мм). С целью продления срока эксплуатации коленчатых валов и максимально задействовать ремонтные размеры возникает необходимость в применении различных способов упрочнения.

Экономическую эффективность внедрения упрочняющих технологий определяем в сравнении с восстановлением коленчатых валов методом их перешлифовки под один из ремонтных размеров с динамической балансировкой.

### 4.1 Обоснование программы ремонта

Согласно статистическим данным аналитического агентства «АВТОСТАТ» и Ассоциации Европейского Бизнеса (АЕБ), по итогу 2019 года объём проданных новых легковых коммерческих автомобилей (LCV) совпал с показателями 2018 года и составил более 112 тыс. единиц.

Уже традиционно лидирующую позицию на рынке занимает марка ГАЗ с объёмом продаж 50,7 тыс. единиц автомобилей (или 45% от общего объема рынка LCV). Также можно отметить, что каждой четвертой проданной моделью является ГАЗ Газель Next. Тем не менее, продажи на первый квартал 2020 года снизились на 5% (одна из вероятных причин сложная эпидемиологической обстановкой) и составили 4713 против 4984 автомобилей в 2019 году [48,49].

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Однако при планировании производственной программы восстановления, возникает нехватка информации о фактическом количестве автомобилей находящихся в конкретном регионе. По данным предприятий «Авто 141» (ранее «АвтоБизнес Центр»), «Ангри», «Агросервис» количество легковых коммерческих автомобилей марки ГАЗ (комплектующихся КВ УМЗ 4173.5011) в Саранске больше 1000 единиц, а средняя программа ремонта составляет 200-300 экземпляров.

Принимая во внимание нецелесообразность упрочнения при использовании первых трех ремонтных размеров и отсутствие необходимости в восстановлении 30%-тов коленчатых валов при капитальном ремонте. За основу возьмем производственную программу в 250 коленчатых валов.

#### 4.2 Расчет себестоимости восстановления коленчатых валов с упрочнением

Себестоимость восстановления одного коленчатых валов УМЗ 4173.10050 по предлагаемой технологии определяется по формуле[32]

$$C_{вос} = 3П + C_m + C_{пр} + A, \text{ руб;} \quad (4.1)$$

где  $3П$  – заработная плата рабочих с отчислениями, руб;

$C_m$  – стоимость материалов, руб;

$C_{пр}$  – производственные расходы, руб;

$A$  – амортизационные отчисления, руб.

Заработная плата производственных рабочих определяется по формуле:

$$3П = (3П_0 + H_{есн}) \cdot t_{вос}, \text{ руб;} \quad (4.2)$$

где  $3П_0$  – часовая тарифная ставка рабочего 6-го,  $3П_0 = 120$  руб/ч;

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$H_{есн}$  – единый социальный налог, руб;

$t_{вос}$  – время, затрачиваемое на восстановление одного коленчатого вала на основе хронометража, ч.  $t_{вос} = 7,35$  ч.

Единый социальный налог определяется по формуле

$$H_{есн} = 3П_о \cdot 35,6/100 = 120 \cdot 34/100 = 40,8 \text{ руб/ч.}$$

Тогда по формуле (4.2)

$$3П = (120 + 40,8) \cdot 7,35 = 1162,88 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов определяется по зависимости

$$C_m = H_{кр} \cdot C_{кр} + H_{сол} \cdot C_{сол} + H_{рег} \cdot C_{рег} + H_{пл} \cdot C_{пл}; \quad (4.3)$$

где  $H_{кр}$  – норма расхода шлифовального круга на шлифование одного КВ  
 $H_n = 0,02\%$ ;

$C_{кр}$  – стоимость шлифовального круга,  $C_{кр} = 5\,400$  руб;

$H_{сол}$  – норма расхода солей,  $H_{сол} = 0,2$  кг;

$C_{сол}$  – стоимость солей,  $C_{сол} = 600$  руб/кг;

$H_{рег}$  – норма расхода регенераторов,  $H_{рег} = 0,001$  кг;

$C_{рег}$  – стоимость регенераторов,  $C_{рег} = 500$  руб/кг;

$H_{рег}$  – норма расхода полировальной ленты,  $H_{рег} = 0,1\%$ ;

$C_{рег}$  – стоимость полировальной ленты,  $C_{рег} = 110$  руб.

Окончательно получим

$$C_m = 0,02 \cdot 5400 + 0,2 \cdot 600 + 0,001 \cdot 500 + 0,1 \cdot 110 = 229,5 \text{ руб.}$$

Производственные расходы определяются по формуле

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{эл}} + C_{\text{око}} + (3\Pi_0 + H_{\text{есн}}) \cdot t_{\text{то}}, \text{ руб}; \quad (4.4)$$

где  $C_{\text{эл}}$  – стоимость затраченной электроэнергии, руб;

$C_{\text{око}}$  – затраты на отопление, коммунальные услуги, освещение, руб;

$t_{\text{то}}$  – время, затрачиваемое на техническое обслуживание и настройку оборудования, (0,25 ч).

Стоимость затраченной электроэнергии складывается из следующих составляющих

$$C_{\text{эл}} = (W_{\text{м}} \cdot t_{\text{м}} + W_{\text{шл}} \cdot t_{\text{шл}} + W_{\text{под}} \cdot t_{\text{под}} + W_{\text{кар}} \cdot t_{\text{кар}} + (W_{\text{шл}} + W_{\text{пол}}) \cdot t_{\text{пол}} \cdot W_{\text{бал}} t_{\text{бал}}) \cdot T_{\text{эл}}, \quad (4.5)$$

где  $W_{\text{м}}$  – максимальная мощность мойки АМ900 ЕКО,  $W_{\text{м}} = 5,7$  кВт·ч

$W_{\text{шл}}$  – максимальная мощность электродвигателей станка 3А423,  $W_{\text{шл}} = 11$  кВт·ч;

$W_{\text{под}}$  – максимальная мощность муфельная печи с вертикальной загрузкой ПМ-В 150Т,  $W_{\text{под}} = 4,2$  кВт·ч;

$W_{\text{кар}}$  – максимальная мощность, соленой ванны СВС 3.8.4.5/6,5  $W_{\text{кар}} = 7,5$  кВт·ч;

$W_{\text{под}}$  – максимальная мощность электродвигателя полировальной машины  $W_{\text{под}} = 0,6$  кВт·ч;

$W_{\text{бал}}$  – мощность балансировочного станка ТБ – 50,  $W_{\text{под}} = 1,5$  кВт·ч;

$T_{\text{эл}}$  – тариф на потребление электрической энергии,  $T_{\text{эл}} = 4,86$  руб/кВт;

$t_{\text{шл}}$  – время на шлифование,  $t_{\text{шл}} = 1,5$  ч;

$t_{\text{под}}$  – время затраченное на подогрев КВ,  $t_{\text{шл}} = 1$  ч;

$t_{\text{карб}}$  – время затраченное на карбонитрацию КВ,  $t_{\text{шл}} = 3$  ч;

$t_{\text{пол}}$  – время затраченное на полирование КВ,  $t_{\text{шл}} = 0,5$  ч;

$t_{\text{бал}}$  – время затраченное на балансировку КВ,  $t_{\text{шл}} = 0,5$  ч.

$$C_{эл} = (5,7 \cdot 0,2 + 11 \cdot 1,5 + 4,2 \cdot 1 + 7,5 \cdot 3 + (11 + 0,6) \cdot 0,5 + 1,5 \cdot 0,5) \cdot 4,86 = 206,42 \text{ руб.}$$

Затраты на отопление, коммунальные услуги, освещение определим по формуле

$$C_{око} = (O_{пом} \cdot T_{отоп}) / N_{рем} + (П_{пом} \cdot T_{ком}) / N_{рем} + (W_{осв} \cdot T_{эл} \cdot t_{осв}) / N_{рем}, \text{ руб.}; \quad (4.6)$$

где  $O_{пом}$  – объем помещения, необходимого под участок восстановления колеччатых валов по новой технологии,  $O_{пом} = 864 \text{ м}^3$ ;

$T_{отоп}$  – среднегодовой тариф на отопление,  $T_{отоп} = 21,91 \text{ руб/м}^3$ ;

$N_{рем}$  – программа ремонта,  $N_{рем} = 250 \text{ шт/год}$ ;

$П_{пом}$  – площадь помещения, необходимого под участок восстановления колеччатых валов по новой технологии,  $П_{пом} = 216 \text{ м}^2$ ;

$T_{ком}$  – годовой тариф на коммунальные услуги,  $T_{ком} = 153,27 \text{ руб/м}^2$ ;

$W_{осв}$  – мощность источников освещения, (0,2 кВт);

$t_{осв}$  – время горения источников освещения в год, (960 ч).

Тогда по формуле (4.6)

$$C_{око} = (864 \cdot 21,91) / 250 + (216 \cdot 153,27) / 250 + (0,2 \cdot 4,86 \cdot 960) / 250 = 201,86 \text{ руб.};$$

и по формуле (4.4)

$$C_{пр} = 206,42 + 201,86 + (120 + 40,8) \cdot 0,25 = 448,48 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления определяем по формуле

$$A = (B_{об} \cdot a_{об}) / (100 \cdot N_{рем}) + (T_{см} \cdot a_{см}) / (100 \cdot N_{рем}), \text{ руб.}; \quad (4.7)$$

где  $B_{об}$  – балансовая стоимость оборудования, руб.;

$a_{об}$  – норма амортизационных отчислений оборудования, (12,5%);

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$T_{см}$  – стоимость строительно-монтажных работ (переоборудование),  
( $216 \text{ м}^2 \cdot 5000 \text{ руб/м}^2 = 1\ 080\ 000 \text{ руб.}$ );

$a_{см}$  – норма амортизационных отчислений здания, (3%).

Балансовая стоимость оборудования складывается из следующих составляющих

$$B_{об} = C_{ш.ст} + C_{мк} + C_{печ} + C_{с.ванна} + C_{о.ванна} + 3 \cdot C_{п.ванна} + C_{п.п} + C_{б.ст}, \text{ руб.}; \quad (4.8)$$

где  $C_{ш.ст}$  – стоимость шлифовального станка 3А423,  $C_{ш.ст} = 400\ 000 \text{ руб.}$ ;

$C_{мк}$  – стоимость моечной машины АМ900 ЕКО,  $C_{мк} = 130\ 000 \text{ руб.}$ ;

$C_{печ}$  – стоимость печи СНО,  $C_{печ} = 140\ 000 \text{ руб.}$ ;

$C_{с.ванна}$  – стоимость соляной ванны для карбонитрирования;  $C_{с.ванна} = 600\ 000 \text{ руб.}$ ;

$C_{о.ванна}$  – стоимость ванны охлаждения,  $C_{о.ванна} = 15\ 000 \text{ руб.}$ ;

$C_{п.ванна}$  – стоимость ванны для промывки 3 000 руб.;

$C_{п.п}$  – стоимость полировальной машины ЛПМ 25-1050,  $C_{п.п} = 14\ 260 \text{ руб.}$ ;

$C_{б.ст}$  – стоимость балансировочного станка ТБ-50,  $C_{б.ст} = 240\ 000 \text{ руб.}$

По формуле (4.8) получим

$$\begin{aligned} B_{об} &= 400000 + 130000 + 140000 + 600000 + 15000 + 3000 \cdot 3 + 14260 + 240000 = \\ &= 1548260 \text{ руб.} \end{aligned}$$

И по формуле (4.7)

$$A = (1548260 \cdot 12,5) / (100 \cdot 250) + (1080000 \cdot 3) / (100 \cdot 250) = 903,73 \text{ руб.}$$

После вычисления всех составляющих находим себестоимость восстановления коленчатого вала по новой технологии

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

$$C_{вос} = 1162,88 + 229,55 + 448,48 + 903,73 = 2744,64 \text{ руб.}$$

### 4.3 Расчет экономической эффективности восстановления коленчатых валов с упрочнением

Годовой экономический эффект от внедрения данной технологии при программе ремонта  $N_{рем} = 250$  шт/год определим по формуле

$$\mathcal{E} = (C_{нов} - C_{вос} \cdot P_2 / P_1) \cdot N_{рем}, \text{ руб;} \quad (4.9)$$

где  $C_{баз}$  – стоимость восстановления коленчатого вала УМЗ 4173.10050 шлифованием под ремонтный размер с балансировкой. Средняя цена восстановления составляет  $C_{баз} = 4800$  руб[50-52];

$P_2, P_1$  – средние межремонтные ресурсы деталей, восстановленных разработанным способом и новых деталей, км.

Представленные в работе [30] стендовые и эксплуатационные испытания показали, что прогнозируемый межремонтный ресурс отремонтированных чугунных коленчатых валов (УМЗ 4173.10050) с упрочнением карбонитрацией не ниже нормативного до ремонтного ресурса и даже его превышает. В сравнении с базовым способом восстановления предполагаемый межремонтный ресурс выше на 70%, вследствие этого принимаем  $P_1 / P_2 = 0,58$ .

$$\mathcal{E} = (4800 - 2744,64 \cdot 0,58) \cdot 250 = 802\,027,2 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений новой технологии в производство определяется по формуле

$$T_{ок} = K / \mathcal{E}, \text{ год,} \quad (4.10)$$

где  $K$  – капитальные вложения по новой технологии восстановления, руб.

$$K = B_{об} + T_{см} = 1548260 + 1080000 = 2628260 \text{ руб.} \quad (4.11)$$

Тогда по формуле (4.10):

$$T_{ок} = 2628260 / 802\,027,2 = 3,28 \text{ лет.}$$

Проведенные теоретические расчеты себестоимости восстановления и экономической целесообразности, позволяют сделать вывод о том, что предлагаемый технологический процесс восстановления коленчатых валов является перспективным в плане внедрения ее в ремонтное производство. При производственной программе в 250 коленчатых валов имеет средний срок окупаемости для малого и среднего бизнеса. Загрузка оборудования не превышает 60%.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были достигнуты следующие результаты: разработан технологический процесс восстановления коленчатого вала (на примере УМЗ 4173.1005011); произведен анализ способов восстановления и упрочнения коленчатых валов с целью повышения усталостной долговечности; выполнен необходимый комплекс чертежей и составлена необходимая техническая документация; разработана планировка участка по обеспечению работоспособного состояния коленчатых валов; произведен расчет зажимного механизма стенда Л11-20 «РЕМДЕТАЛЬ».

Также мы можем сделать следующие выводы:

1) Основной причиной нарушения работоспособности коленчатых валов является износ пары трения «шейка коленчатого вала - вкладыш».

2) Трудоемкость восстановления коленчатого вала УМЗ 4173.1005011 с применением упрочняющих технологий с целью повышения усталостной долговечности составляет 7,35 чел.ч.

3) Расчет себестоимости и срока окупаемости применения, упрочняющих технологий с целью повышения усталостной долговечности в технологический процесс восстановления коленчатых валов говорит о перспективности в плане ее внедрения в ремонтное производство, что отчасти подтверждается сроком окупаемости (3,27 года).

4) Годовой экономический эффект от внедрения технологии ремонта коленчатых валов при программе ремонта 250 штук в год предполагается в размере 802 027,2 руб.

5) Предполагаемый ресурс восстановленного коленчатого вала не ниже нормативного до ремонтного ресурса базового коленчатого вала.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Автомобильные транспортные средства. Валы коленчатые двигателей. Общие технические требования и методы испытаний: ГОСТ Р 53444-2009. – Введ. 2010-06-01. М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2009. – 19 с. : ил.
- 2 Эксплуатация техники. Термины и определения : ГОСТ Р 25866-1983. – Введ. 1985-01-01. М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1983. – 9 с. : ил.
- 3 Яхьяев Н.Я. Основы теории надежности и диагностика / Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин. – М. : Академия, 2009. – 256 с.
- 4 Федотов А. В. Основы теории надежности и технической диагностики / А. В. Федотов, Н. Г. Скабкин. – Омск: ОмГТУ, 2010. – 64 с.
- 5 Чернов Л.Б. Основы методологии проектирования машин / Чернов Л.Б. – М: Машиностроение, 1978. – 148 с.
- 6 Емельянов В.Н. Технология упрочнения галтелей и правки прямых и коленчатых валов поверхностным пластическим деформированием : дис. ... канд. тех. наук / В.Н. Емельянов. – Великий Новгород, 2000. – 481 с.
- 7 Двигатели внутреннего сгорания / под ред. Орлина А.С. Круглова М.Г. 4 изд. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
- 8 Yung L.L. Uncertainties of experimental crankshaft fatigue strength assessment // International Journal of Materials and Product Technology. 2001. №16. P. 4-9.
- 9 Казанников О. В. Дефектация и восстановление деталей автомобилей: учебное пособие / О. В. Казанников. – Хабаровск : ТОГУ, 2016. – 113 с.
- 10 Фомин А.И. Совершенствование технологии восстановления чугунных коленчатых валов электроконтактной приваркой стальной ленты через промежуточный слой: дис. ... канд. тех. наук / А.И. Фомин. – Саранск, 2012. – 141 с.
- 11 Галиев Р. К. Обеспечение ремонтной технологичности азотированных коленчатых валов автомобильных двигателей: дис. ... канд. тех. наук / Галиев Р. К. – Саратов, 2015. – 128 с.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

12 Муравьев А. И. Повышение долговечности восстановленных коленчатых валов двигателей ЗМЗ-53 с учетом особенностей их старения: дис. ... канд тех наук / А. И. Муравьев. – Кишинев, 1983. – 207 с.

13 Методы упрочнения поверхностей деталей машин / [Н.А. Махутов, Г.В. Москвитин, Ю.Н. Дроздов и т.д.]; под ред. Москвитин Г.В. – М: КРАСНОДАР, 2008. – 400 с.

14 Зезюля В.В. Разработка технологии восстановления циклически нагруженных валов многослойной электроконтактной наваркой проволокой: дис. ... канд тех наук / В.В. Зезюля – М, 2009. – 155 с.

15 Никонов, В.О. Совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов автомобильных двигателей плазменным напылением с одновременной электромеханической обработкой: дис. ... канд тех наук / В.О. Никонов. – Владимир, 2013. – 187 с.

16 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения : ГОСТ Р 27.002-2015. – Введ. 2017-03-01. М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2016. – 24 с. : ил

17 Малкин В.С. Техническая эксплуатация автомобилей : Теоретические и практические аспекты : учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений / В.С. Малкин. – М: Академия, 2007. – 288 с.

18 Фролов К.В. Проблемы надежности и ресурса в машиностроении / К.В. Фролов. – М: Наука, 1988. – 248 с.

19 Аблаев А. А. Обеспечение работоспособности и повышение долговечности коленчатых валов автотракторных дизельных двигателей восстановлением: автореф. дис. ... канд тех наук / А. А. Аблаев. – Саратов, 1997. – 17 с.

20 Токликишвили А.Г. Совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов судовых среднеоборотных дизелей формированием износостойких покрытий : автореф. дис. ... канд тех наук / А.Г. Токликишвили – Владивосток, 2013. – 183 с.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

21 Денисов В.А. Обеспечение работоспособности и повышение долговечности восстанавливаемого коленчатого вала двигателя ЗМЗ-53 : дис. канд. тех. наук / В.А. Денисов. М., 1991. – 216 с.

22 Муравьев, А. И. Повышение долговечности восстановленных коленчатых валов двигателей ЗМЗ-53 с учетом особенностей их старения: дис. ... канд тех наук / А. И. Муравьев, Кишинева, 1983. – 207 с.

23 Николаев Е.Н. Термическая обработка металлов токами высокой частоты / Е.Н. Николаев, И.М. Коротин. М.: Высшая школа, 1984. – 208 с.

24 Денисов А.С., Галиев Р.К., Кулаков А.Т., Коваленко С.Ю. Обеспечение ремонтпригодности азотированных коленчатых валов электроэрозионной обработкой шеек // ВЕСТНИК Оренбургского государственного университета. 2015. №4.

25 Ouyang V.C. Strengthening techniques and cost reduction ways for forged steel crankshaft // Dongfeng Commercial Vehicle Co. 2014. №5. P. 324-329.

26 Pat. 3377214 US, IPC C21 D9/30. Method for hardening crankshaft. / James O Woodbridge Robert M Spencer Donald D Dalrymple: Patentee National Forge Co. – 51909966, application 01.06.1966; published. 04.09.1968. – 5 P. : ill.

27 Пат. 2231565 Российская Федерация, МПК Y 02 P 10/253. Способ упрочнения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания / Светличный Н.И., Аюкин З.А., Ищенко В.И., Леонов С.М.; Патентообладатель ОАО «КАМАЗ». – 2002124511/02, заявл. 13.09.2002; обл. 27.06.2004. – 6 с. : ил.

28 Методы упрочнения поверхностей деталей машин / [Н.А. Махутов, Г.В. Москвитин, Ю.Н. Дроздов и т.д.]; под ред. Москвитин Г.В. – М: КРАСНОДАР, 2008. – 400 с.

29 Бабичев А.П., Попов М.Е., Эль Дакдуки А, Пастухов Ф.А. Поиск новых технологических методов упрочняющей обработки коленчатых валов // Вестник донского государственного технического университета. 2015. №1(80). С. 68-78.

30 Школкин Е.А. Повышение межремонтного ресурса чугунных коленчатых валов конструктивно-технологическими способами: дис. ... канд. тех. наук / Е.А. Школкин. – Саранск, 2011. – 229 с.

31 Прокошкин Д.А. Химико-термическая обработка металлов - карбонитрация / Д.А. Прокошкин. – М.: Машиностроение, – 1984. – 273 с.

32 Куликов Н. Д. Организация и технология проектирования предприятий ремонтно-технического сервиса / Н. Д. Куликов, В. А. Комаров, С. П. Бурланков. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та; 2002. – 124 с.

33 Общесоюзные нормы технологического проектирования термических участков, цехов, производств предприятий машиностроения, приборостроения и металлообработки: ОНТП 16-86 – Введ. 1986-06-01. М. : Общесоюзные нормы : Изд-во стандартов, 1987. – 105 с. : ил.

34 Мишин М.М. Проектирование предприятий технического сервиса.: Учебное пособие / М.М. Мишин, П.Н. Кузнецов. – Мичуринск: МичГАУ, 2008. – 213 с.

35 Бабусенко С. М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий / С. М. Бабусенко– М.: Агропромиздат, 1990. – 352 с

36 Величко С.А. Расчет режимов резания при механической обработке: учебно-методическое пособие / С. А. Величко, П. А. Ионов, А. В. Григорьев. – Саранск, 2013.

37 Справочник технолога – машиностроителя: в 2-х т. / под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. 4 изд. М.: Машиностроение, 1986. – 656 с. Т-1.

38 Фомин А.И., Кудряков М.С., Кургузкин М.А. Анализ стендов для проведения усталостных испытаний коленчатых валов // Материалы Междунар. науч.-практ. конф.– Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2019. С. 419–423.

39 Пат. 1603209 СССР, МПК G01M 13/00. Стенд для испытания на усталостную прочность коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания. / Фомин В.К. Гуцин А.Н. Забегалов Ю.К.; Патентообладатель Научно-исследовательский конструкторско-технологический институт тракторных и

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72



комбайновых двигателей. – 4479857, заявка 25.08.1988; опубл. 30.10.1990. – 6 с. : ил.

40 Пат. 1696932 СССР, МПК G01M 13/00. Стенд для испытания коленчатых валов. / Ласунский В.И. Корольков С.В. Истюшкин В.Н.; Патентообладатель московский автомобильный завод им.и.а.лихачева. – 4697128, заявка 26.05.1989; опубл. 07.12.1991. – 5 с. : ил.

41 Пат. 1317317 СССР, МПК G01M 13/00. Стенд для усталостных испытаний. / Удовикин А.Ю. Добрынько А.В. Сызранцев В.Н. Розенберг А.Ю.; Патентообладатель курганский машиностроительный институт. – 3986227, заявка 08.10.1985; опубл. 15.06.1987. – 6 с. : ил.

42 Пат. 2570333 РФ, МПК G01M 13/00. Стенд для усталостных испытаний на кручение коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания. / Рыжов В.А. Раенко М.И. Котельников Л. Д. Девяткина Л.К.; Патентообладатель МИНПРОМТОРГ РОССИИ. – 2012158060, заявка 29.12.2012; опубл. 10.12.2015. – 5 с. : ил.

43 Пат. 101830 Р Ф, МПК G 01 M 15/02. Устройство для контроля и оценки деформации коленчатого вала / П. В. Сенин, А. И. Фомин, Е. А. Школкин ; Патентообладатель ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева». – 2010136897/28, заявл. 02.09.2010 ; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 3, ч. 4. – 1 с. : ил.

44 Фомин А.И., Кудряков М.С., Кургузкин М.А. Возможность модернизации стенда для испытаний коленчатых валов на усталостную прочность // Научный электронный журнал меридиан. 2020. №3. С. 1-5.

45 Фомин А.И., Кудряков М.С., Валеев М.Р. Особенности фиксирования исследуемых валов на стенде Л11-20 «РЕМДЕТАЛЬ» // Научный электронный журнал меридиан. 2020. №3. С. 1-5.

46 Биргер И.А. Резьбовые и фланцевые соединения / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1990. – 368 с.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

47 Власенко О.Л. Расчет на прочность и жесткость при растяжении, сжатии, кручении и изгибе: Методические указания к выполнению расчетно-графических работ для студентов механических специальностей / О.Л. Власенко, А.И. Громовик. – Омск: СибАДИ, 2008. – 28 с.

48 Электронная страница Российский рынок новых LCV в 2019 году [электронный ресурс]. – режим доступа : <https://www.autostat.ru/press-releases/42476>. – Загл. с экрана.

49 Электронная страница АЕВ Статистика продаж автомобилей в РФ. Март 2020 [электронный ресурс]. – режим доступа : <https://universeofcars.ru/aeb-statistika-prodazh-avtomobilej-v-rf-mart-2020>. Загл. с экрана.

50 Электронная страница Прайс-лист на станочные работы [электронный ресурс]. – режим доступа : <https://altushka.com/price>. Загл. с экрана.

51 Электронная страница Прайс-лист на основные станочные работы [электронный ресурс]. – режим доступа : <http://www.savamotor.ru/pricelists.html> Загл. с экрана.

52 Электронная страница Прайс-лист токарно-фрезерного цеха Turnery [электронный ресурс]. – режим доступа : <https://turnery.ru/price>. Загл. с экрана.

					БР- 02069964-23.03.03-14-20	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			МКЦС 710364.008СБ	Траверса в сборе	1	
				<u>Детали</u>		
A3	1		МКЦС 710494.011	Траверса	1	
A4	2		МКЦС 703412.015	Болт траверсы	2	
A4	3		МКЦС 710525.017	Призма	1	
A4	4		МКЦС 710253.020	Пластина	1	
	5		МКЦС 703412.016	Гайка специальная	2	

МКЦС 710364.008СБ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Кудряков		
Пров.		Фомин		
Н.контр.		Власкин		
Утв.		Сенин		

Траверса в сборе  
 Спецификация  
 Сборочный чертеж

Лит.	Лист	Листов
		1

ИМЭ, офо, 404 гр.

Копировал

Формат А4

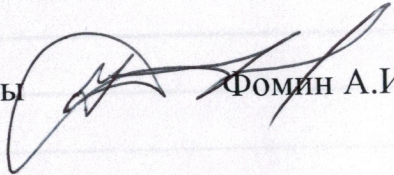
Дубл.												
Взам.												
Подп.												


472608.01200.11009-Р	12	1
----------------------	----	---

ИМЭ МГУ им. Н.П. Огарева										
<b>Коленчатый вал УМЗ 4173.1005011</b>								У		

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»**

**Комплект технологических документов  
Технологический процесс восстановления  
коленчатого вала УМЗ 4173.1005011**

Руководитель работы  Фомин А.И.

Автор работы,  
студент 404 группы д/о  Кудряков М.С.  
«09» 06 2020 г.

										472608.01200.11009-Р			
Разраб.	Кудряков			ИМЭ МГУ им. Н.П. Огарева									
Провер.	Фомин												
Н.контр.										У			
№	НПП	Обозначение ДСЕ			Обозначение документа						КП		
О	НПП	Обозначение комплекта ТД			Наименование комплекта ТД						Листов		
А	Обозначение ТД			Услов. обозн.	Лист	Листов	Примечание						
01	Наименование			Обозначение						Лист	Листов		
02	Маршрутная карта			БР-02069964-23.03.03-14-20						78-80	3		
03	Карта эскизов			БР-02069964-23.03.03-14-20						81	1		
04	Операционная карта			БР-02069964-23.03.03-14-20						82-88	7		
05													
06													
07													
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
ВТД		Ведомость технологических документов									77		

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
										472608.01200.11009-Р									
Разраб.	Кудряков			ИМЭ МГУ						4724608.10200.00011-Р									
Провер.	Фомин			им. Н.П. Огарева															
										<b>Коленчатый вал УМЗ 4173.1005011</b>				У					
Н. контр.																			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа										
Б					Код, наименование операции				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала								Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.		
01	При использовании настоящего технологического процесса допускается замена указанного в нем оборудования и оснастки другим																		
02	оборудованием и оснасткой, обеспечивающими заданные параметры обработки и измерения элементов (поверхностей)																		
А03	005 Моечная																		
Б04	Моечная машина АМ-900 ЕКО, контейнер цеховой, скребок, ерш.																		
Т05	Промыть детали в растворе моющего средства МС-15 ТУ 38-10738-73																		
06	концентрацией 20 г/л, температура раствора 50-80 <sup>0</sup> С																		
07																			
А08	010 Дефектовочная																		
Б09	Верстак ОРГ 10-6801-090А, дефектоскоп магнитный МД-50П																		
Т10	Штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70, микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90, индикатор ИЧ 10кл.1 ГОСТ 577-68,																		
О11	призма 1-1-1 ГОСТ 5641-66.																		
О12	Дефектовать деталь согласно техническим требованиям на капитальный ремонт																		
13																			
А14	015 Круглошлифовальная																		
Б15	Станок круглошлифовальный 3А423																		
Т16	Хомут поводковый 7107-0039 ГОСТ 2578-70, центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75, центросместитель цеховой,																		
МК	Маршрутная карта																78		

										ГОСТ 3.1118-82				Форма 16			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документов							
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасч.		
T01	Индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-68, штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70, микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90,																
02	Круг шлифовальный ПШ 900*30*305 ГОСТ 2424-83, образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75.																
03	Шлифовать шейки коленчатого вала под ближайший ремонтный размер																
A04																	
B05	020 Карбонитрация																
06	Электропечь шахтная ПМ-В 150Т, низкотемпературная соленая ванна СВС 3.8,																
07	Ванна для охлаждения деталей 05.Э.078.50.000, ванны для промывки детали 500*500*700.																
08	Произвести химико-термическую обработку согласно требованиям																
A09																	
B10	025 Полировальная																
11	Станок круглошлифовальный 3А423, приспособление для полирования коленчатого вала ЛПМ 25-1050,																
12	бесконечная полировальная лента ЛБ 25х1050 ГОСТ 5009-79, образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75,																
13	микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90.																
A14	Полировать шейки вала выдерживая шероховатость Ra=0,32 мкм.																
B15																	
T16	030 Балансировочная																
17	Универсальный балансировочный станок ТБ-50.																
МК		Маршрутная карта												79			

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции										Обозначение документов							
Б	Код, наименование оборудования										СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код					ОПШ	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасч.		
01	Сверло 2300-0195 ГОСТ 10902-77																					
02	Произвести динамическую балансировку вала																					
03	n= 800 об/мин																					
A04																						
T05	035 Контрольная																					
06	Штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70, микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90, индикатор ИЧ 10кл.1 ГОСТ 577-68,																					
07	образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75, призма 1-1-1 ГОСТ 5641-66.																					
08	Контроль восстановленных поверхностей.																					
09																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
МК		Маршрутная карта																	80			



Дубл.			
Взам.			
Подп.			

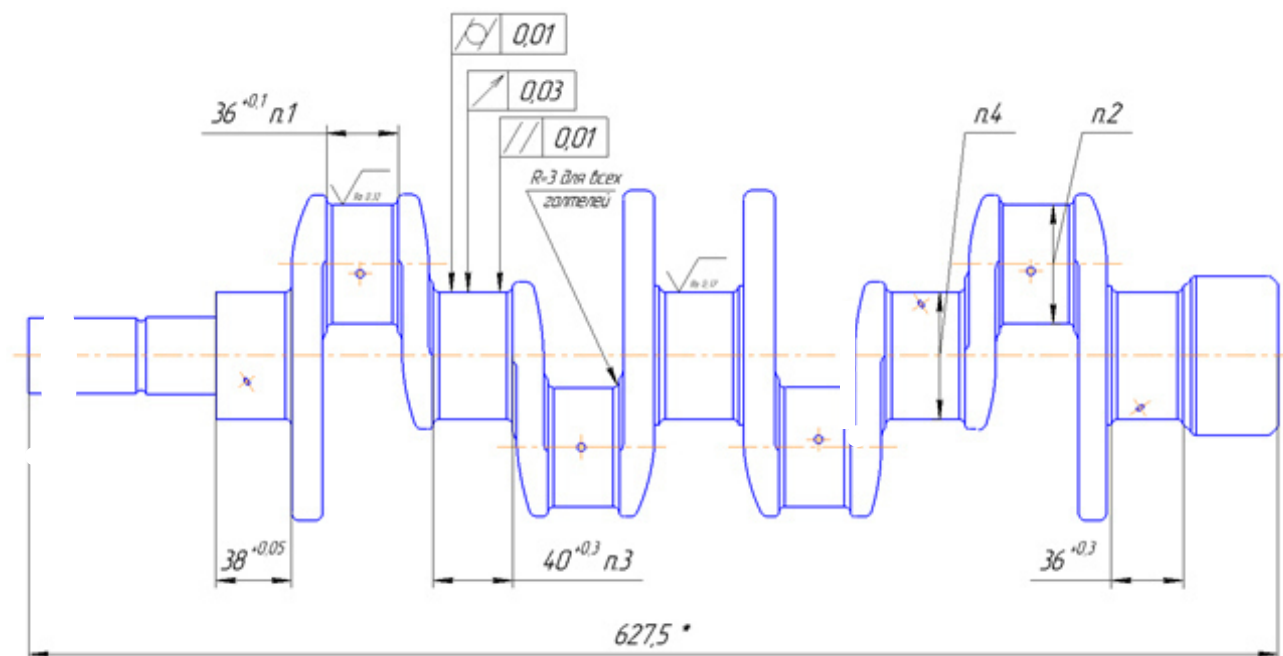
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Разраб.	Кудряков		
Пров	Фомин		
Н.контр.			

ИМЭ МГУ  
им. Н.П. Огарева

**Коленчатый вал УМЗ 4173.1005011**

У



\* Размеры для справок

П.1 Размеры для всех шатунных шеек

П.2 Диаметр шатунной шейки выбирается ближайший из ряда 57,75; 57,50; 57,25; 57,00; 56,75; 56,51

П.3 Размеры для 2,3 и 4 коренной шейки

П.4 Диаметр коренной шейки выбирается ближайший из ряда 63,75; 63,50; 63,25; 63,00; 62,75; 62,51

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.	Кудряков				ИМЭ МГУ им. Н.П. Огарева															
Провер.	Фомин																			
Н. контр.															У					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование операции					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.					
М01	Высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 7293																			
А02	005 Моечная																			
Б03	Моечная машина АМ-900 ЕКО, контейнер цеховой, ключ для винтов с внутренним шестигранником ГОСТ 1137-91																			
Т04	Моющее средство МС-15 ТУ 38-10738-73, скребок, ёрш.																			
05	концентрацией 20 г/л, температура раствора 50-800С,																			
006	1. Выкрутить пробки заглушки.																			
007	2. Промыть вал в моечной машине.																			
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
МК/ОК	Моечная																	82		

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
Разраб.	Кудряков				ИМЭ МГУ им. Н.П. Огарева															
Провер.	Фомин																			
Н. контр.															У					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер	Код, наименование операции					Обозначение документа										
Б	Код, наименование операции					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасх.					
М01	Высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 7293																			
А02	010 Дефектовочная																			
Б03	Верстак ОРГ 10-6801-090А, дефектоскоп магнитный МД-50П																			
Т04	Штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70, микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90, индикатор ИЧ 10кл.1 ГОСТ 577-68,																			
О05	призма 1-1-1 ГОСТ 5641-66.																			
О06	1 Дефектовать деталь согласно техническим требованиям на капитальный ремонт																			
О07	2 Произвести контроль наличия трещин и волосовин.																			
08	3 Размагнитить																			
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
МК/ОК	Дефектовочная																	83		

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документов							
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасч.	
М01	Высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 7293																
А02	015 Круглошлифовальная																
Б03	Станок круглошлифовальный 3А423																
Т04	Хомут поводковый 7107-0039 ГОСТ 2578-70, центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75, центросместитель цеховой,																
05	Индикатор ИЧ 10 кл.1 ГОСТ 577-68, штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70, микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90,																
06	Круг шлифовальный ПП 900*25*305 ГОСТ 2424-83, образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75.																
О07	1. Установить вал в центры станка.																
О08	2. Шлифовать коренные шейки под один из ремонтных размеров.																
О09	4. Установить вал в центросместители.																
О10	5. Шлифовать шатунные шейки под один из ремонтных размеров.																
О11	6. Снять вал со станка.																
О12	Скорость главного движения V=50 м/мин., скорость вращения детали n=108 об/мин., продольная подача S=0,05 мм/мин.																
13																	
14																	
15																	
16																	
Б17																	
МК/ОК		Круглошлифовальная												84			

А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции						Обозначение документов							
Б	Код, наименование оборудования						СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала						Обозначение, код						ОПШ	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасч.	
М01	Высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 7293																	
А02	020 Карбонитрация																	
Б03	Электропечь шахтная ПМ-В 150Т, низкотемпературная соленая ванна СВС 3.8, расплав солей, регенератор REG1,																	
04	Ванна для охлаждения деталей 05.Э.078.50.000, ванны для промывки детали 500*500*700.																	
005	1. Нагреть вал до температуры T=350-400°C.																	
006	2. Погрузить вал в раствор солей.																	
007	Температура карбонитрации T= 570°C, время выдержки t=3 ч.																	
008	4. Охлаждение в воду комнатной температуры																	
009	5. Промыть вал в каскаде для промывки.																	
010	6. Высушить вал.																	
11	Состав расплава для процесса карбонитрации (75...85 % KCNO + 15...25 % K2CO3)																	
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
Б17																		
МК/ОК							Карбонитрация											

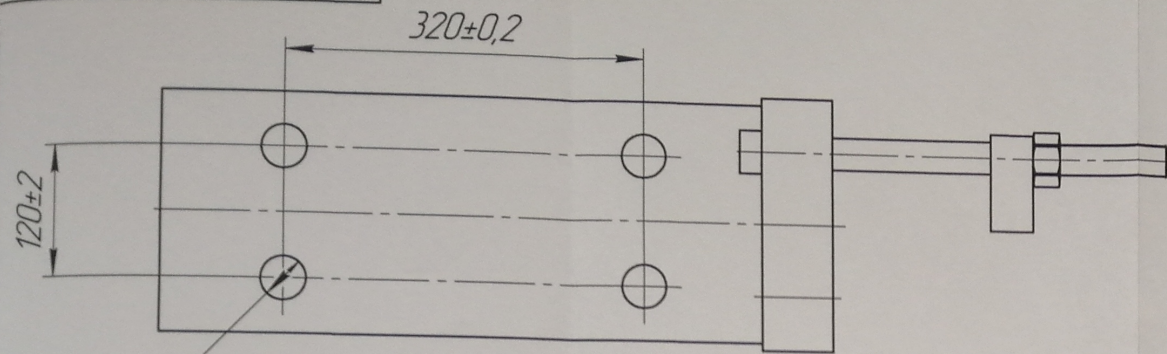
										ГОСТ 3.1118-82					Форма 1б				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документов									
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.			
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасч.				
М01	Высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 7293																		
А02	025 Полировальная																		
Б03	Станок круглошлифовальный 3А423, приспособление для полирования коленчатого вала ЛПМ 25-1050.																		
Т04	Хомут поводковый 7107-0039 ГОСТ 2578-70, центр А-1-5-Н ГОСТ 8742-75, центросместитель цеховой,																		
05	бесконечная полировальная лента ЛБ 25x1050 ГОСТ 5009-79, образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75,																		
06	микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90.																		
О07	1. Установить вал в центры станка.																		
О08	2. Полировать коренные шейки.																		
О09	3. Снять вал со станка..																		
О10	4. Установить вал в центросместители.																		
О11	5. Полировать шатунные шейки.																		
О12	6. Снять вал со станка.																		
13	Скорость вращения детали n=31 об/мин, давление на деталь P=0,15 мПа.																		
14																			
15																			
16																			
17																			
МК/ОК		Полировальная										86							

										Обозначение документов												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.		
Б	Код, наименование оборудования																					
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала									Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасч.			
М01	Высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 7293																					
А02	030 Балансировочная																					
Б03	Универсальный балансировочный станок ТБ-50.																					
Т04	Сверло 2300-0195 ГОСТ 10902-77																					
О05	1. Установить вал на балансировочный станок.																					
О06	2. Произвести динамическую балансировку.																					
О07	3. Снять вал со станка.																					
08																						
09																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
МК/ОК		Балансировочная																		87		

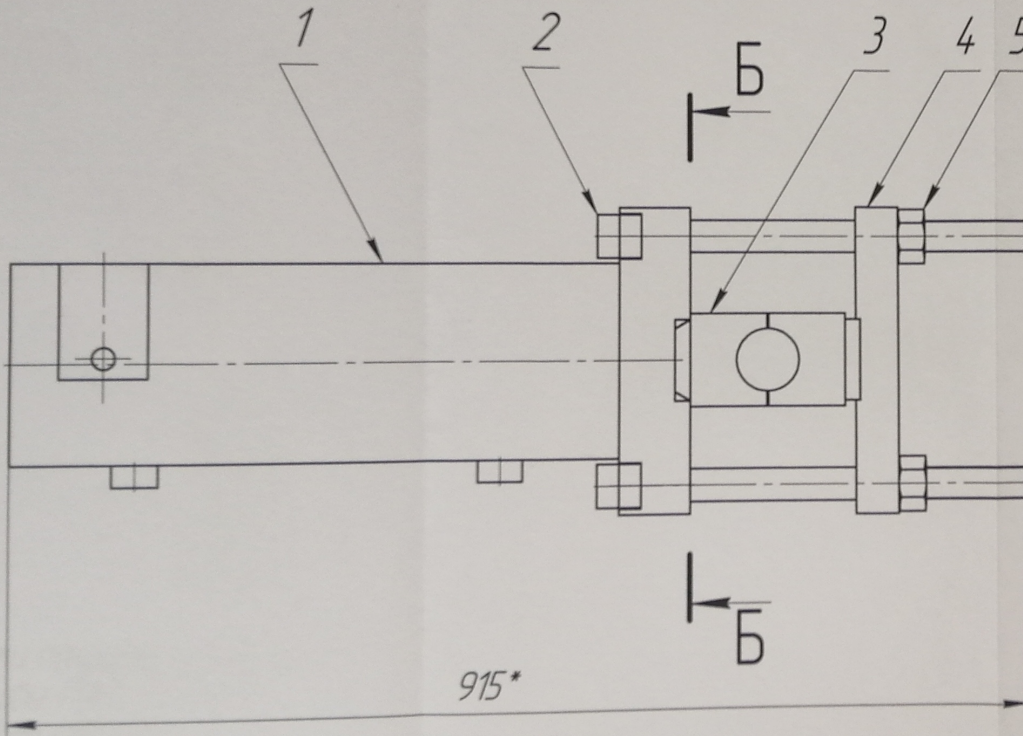
										ГОСТ 3.1118-82				Форма 16						
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документов										
Б					Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОНД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.
К/М					Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код						ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Нрасч.
М01	Высокопрочный чугун ВЧ-50 ГОСТ 7293																			
А02	035 Контрольная																			
Б03	Верстак ОРГ 10-6801-090А.																			
Т04	Штатив ШМ-ПВ ГОСТ 10197-70, микрометр МК Ц75 ГОСТ 6507-90, индикатор ИЧ 10кл.1 ГОСТ 577-68,																			
О05	образцы шероховатости поверхности ГОСТ 9378-75, ванна цеховая, призма 1-1-1 ГОСТ 5641-66.																			
О06	1. Произвести контроль восстановленных поверхностей.																			
О07	2. Нанести консервационную смазку на поверхность коленчатого вала погружением в ванну																			
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
МК/ОК		Контрольная																	88	



МКЦС 710364.008СБ

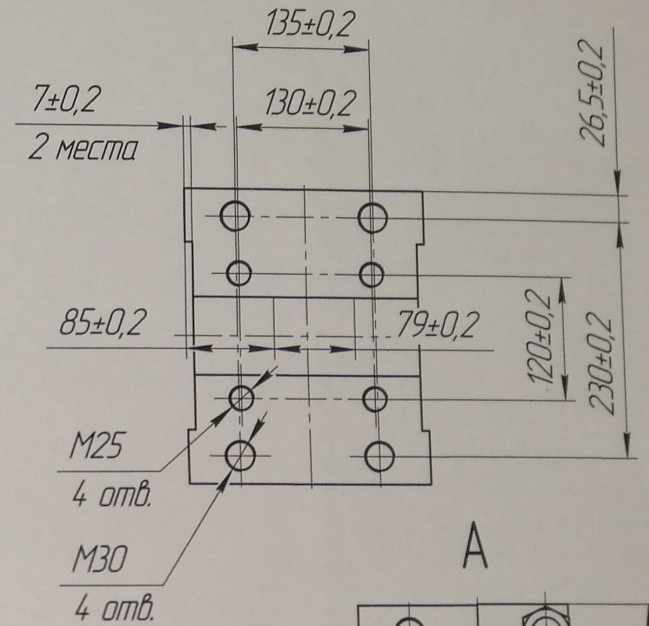


φ40  
4 места



915\*

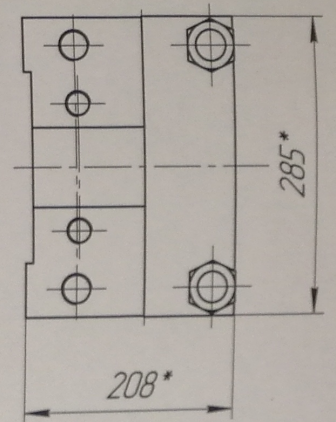
Б-Б



7±0,2  
2 места

M25  
4 отв.  
M30  
4 отв.

A



\* Размер для справок  
Момент затяжки гайки 5 не более 290 Н·м

МКЦС 710364.008СБ

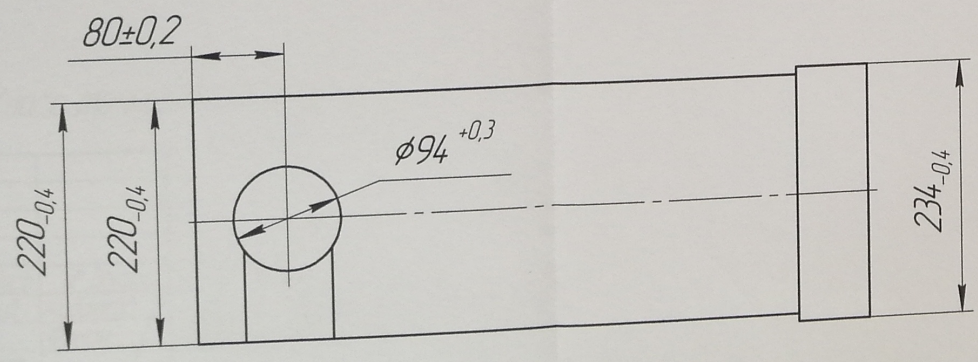
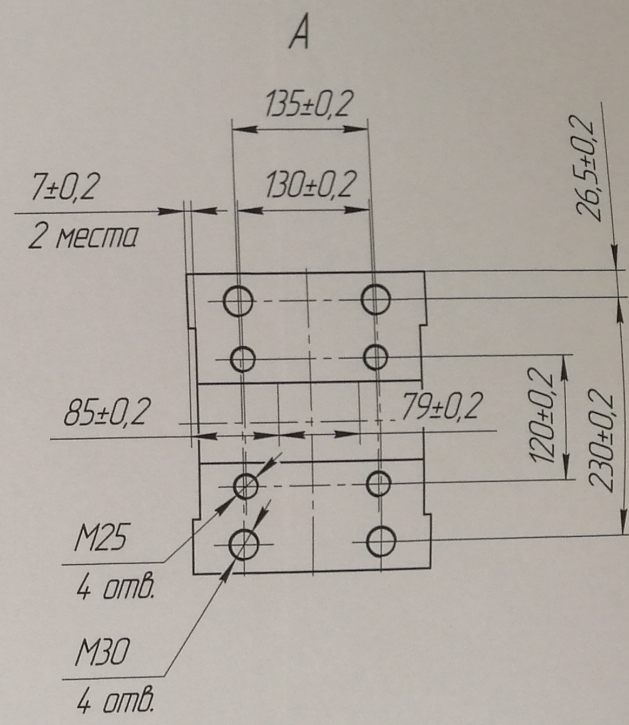
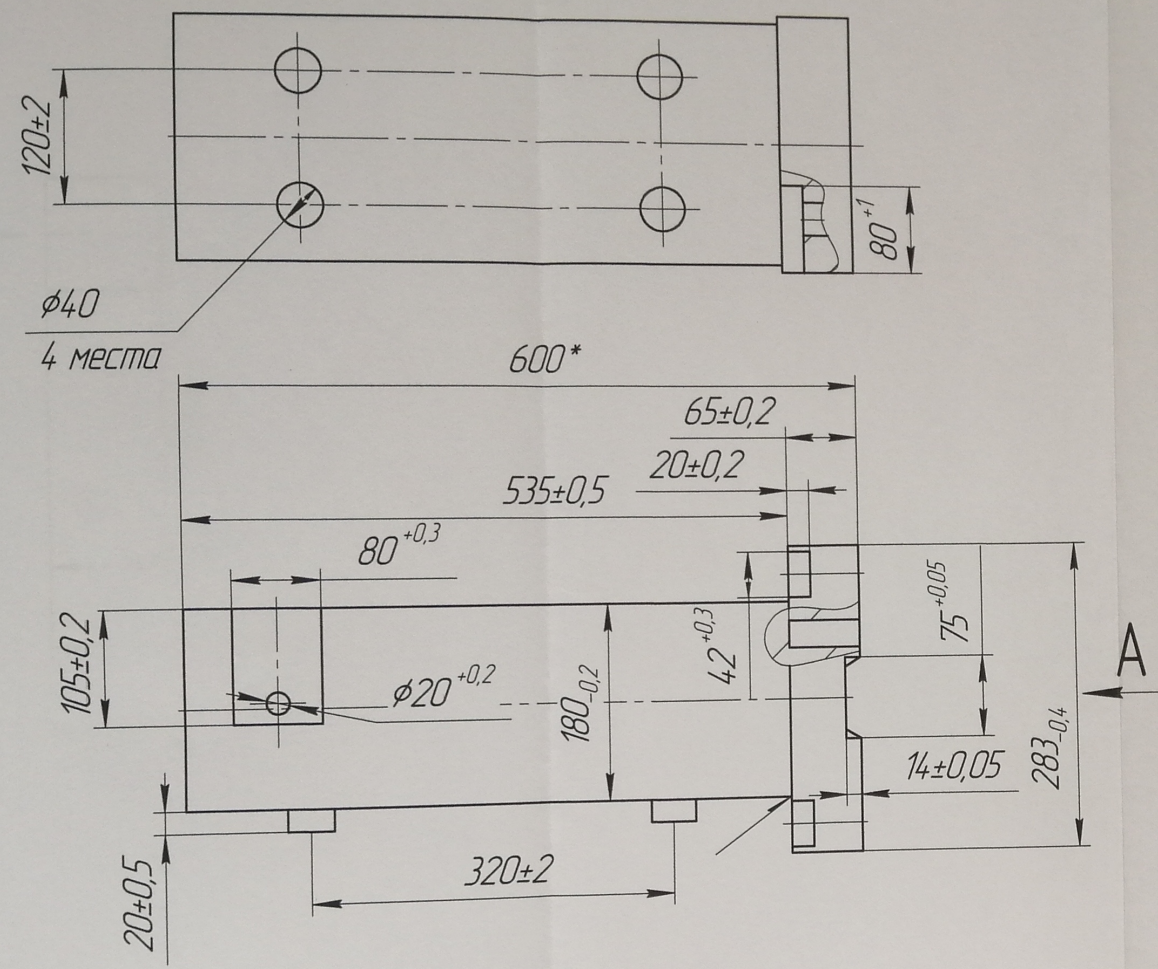
				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		15
Разраб.		Кудряков				
Проб.		Фомин				
Т.контр.						
Н.контр.		Власкин				
Утв.		Сенин				
				Лист	Листов	1
				ИМЗ, офо, 404 гр		
				Формат А3		

Траверса в сборе

Копировал

МКЦС 710494.011

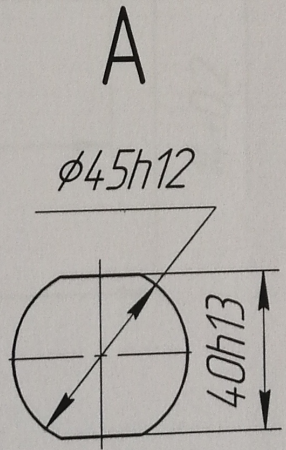
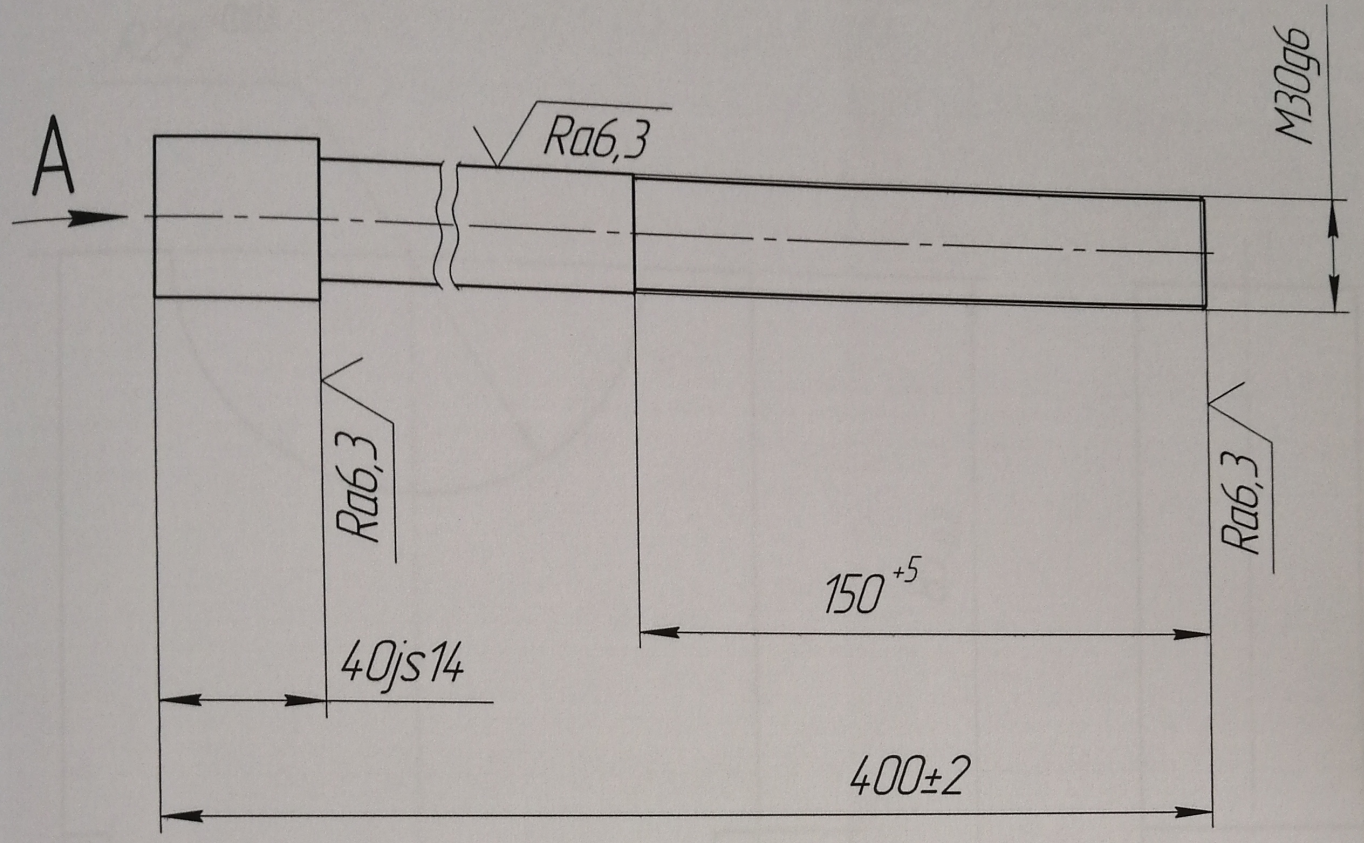
$\sqrt{Ra12,5}$



1. Произвести покраску эмаль оранжевая УХЛ4 ГОСТ 51691-2008
2. Сварные швы ГОСТ 5264-80
3. \* Размер для справок

Изм. Лист Разработ. Кудряков Провер. Фомин Т.контр.				№ док.им.				Подп.		Дата	
				Власкин Утв.		Сенин		Дата		Подп.	
Сталь 50 ГОСТ 1050-88						МКЦС 710494.011					
						Лист		Масса		Масштаб	
Траверса						Лист		Листов		1	
						ИМЭ, офо, 404 зр					

✓ Ra12,5



1 Класс точности А, класс прочности 6.6

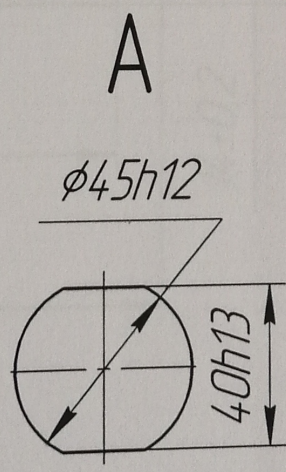
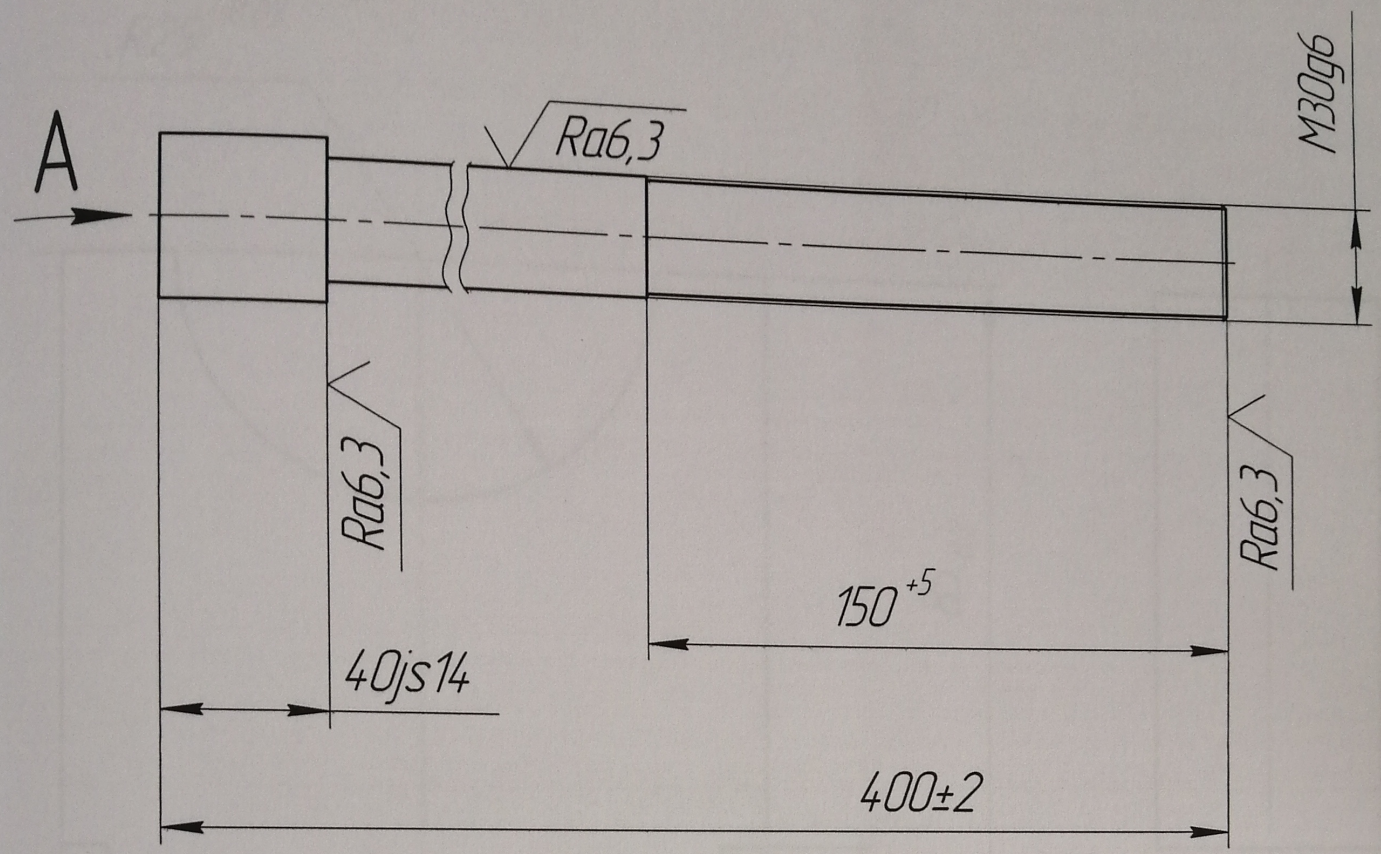
МКЦС 7034 12.015

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кудряков	<i>[Signature]</i>				1:2
Проб.		Фомин	<i>[Signature]</i>		Лист	Листов	1
Т.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050-88 ИМЭ, офо, 404 гр.		
Н.контр.		Власкин	<i>[Signature]</i>		Формат А4		
Чтв.		Сечин	<i>[Signature]</i>		Копировал		

Болт траверсы

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

√ Ra12,5



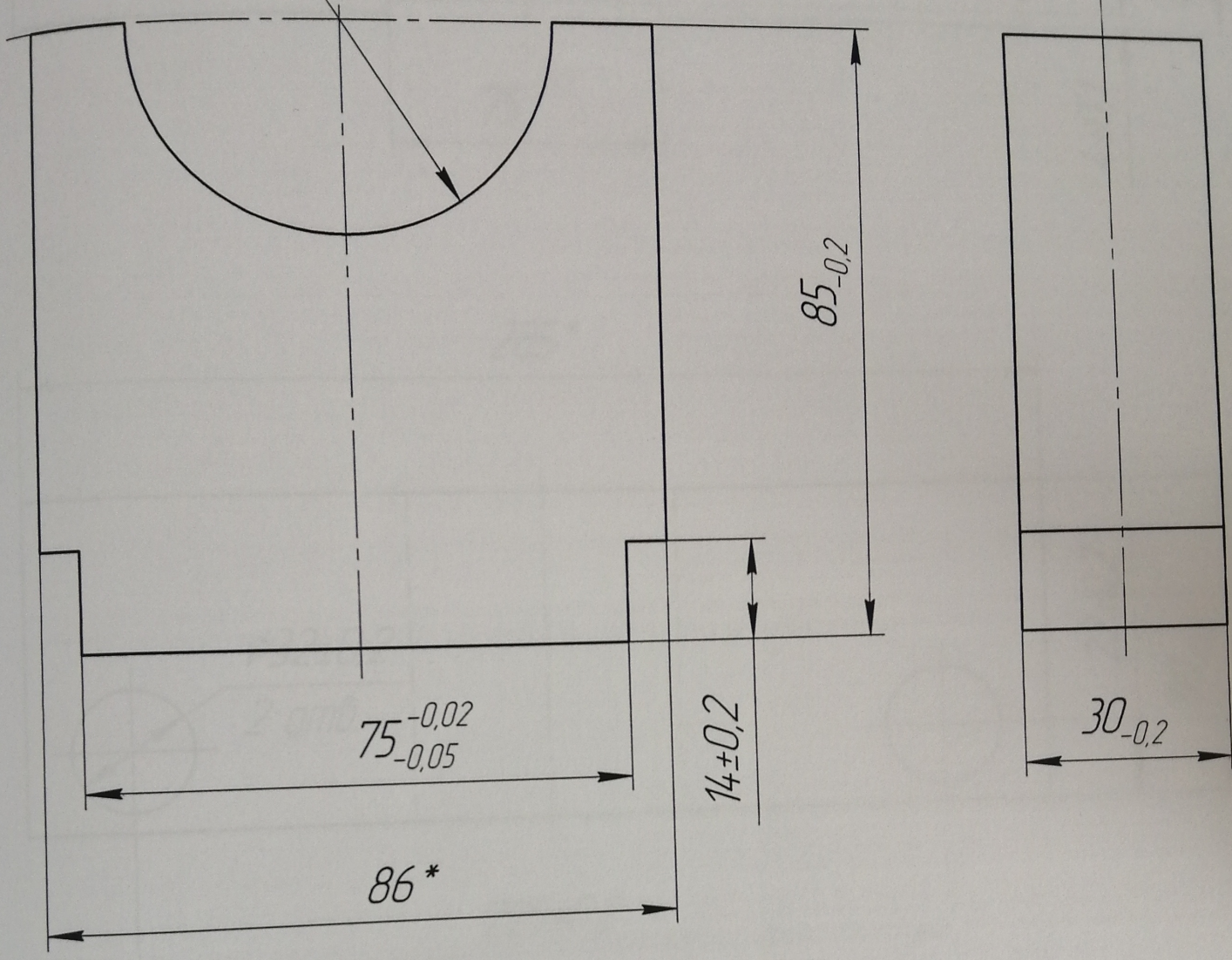
1 Класс точности A, класс прочности 6.6

МКЦС 7034 12.015

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
							1:2
Разраб.	Кудряков				Лист	Листов	1
Проб.	Фомин				ИМЭ, офо, 404 зр.		
Т.контр.					Формат А4		
Н.контр.	Власкин				Сталь 45 ГОСТ 1050-88		

Болт траверсы

R29<sup>+0,03</sup>



\* Размер для справок

МКЦС 710525.017

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Кудряков		
Пров.		Фомин		
Т.контр.				
Н.контр.		Власкин		
Утв.		Сенин		

Призма

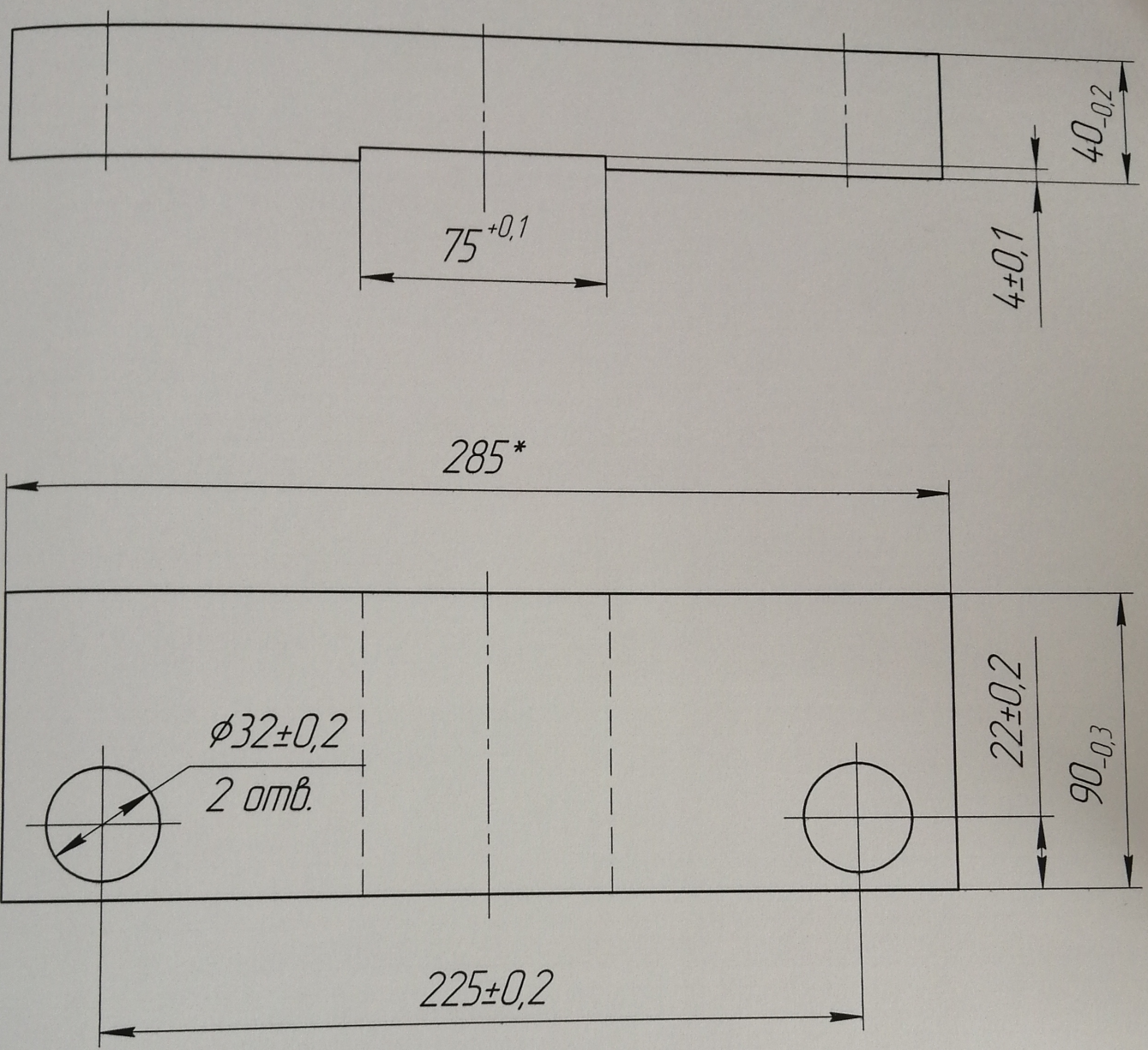
Сталь 30 ГОСТ 1050-88

Лист	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов	1
ИМЭ,офо, 404 гр.		Формат А4

Копировал

МКЦС 710253.020

√ Ra12,5



\* Размер для справок

МКЦС 710253.020

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Кудряков			
Пров.	Фомин			
Т.контр.				
Н.контр.	Власкин			
Утв.	Сенин			

Пластина

Сталь 45 ГОСТ 1050-88

Лист	Масса	Масштаб
		1:2
Лист	Листов	1
ИМЭ, офо, 404 гр.		
Формат А4		

«Утверждаю»  
Директор  
ООО «Агросервис»



Ионов П.А.  
2020 г.

«Утверждаю»  
Директор Института механики и  
энергетики МГУ им. Н. П. Огарева



Котин А.В.  
" 08 " июня 2020 г.

## АКТ

внедрения результатов выпускной квалификационной работы (в форме бакалаврской работы) Кудрякова Максима Сергеевича, студента 4-го курса ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева» на тему «Повышение усталостной долговечности коленчатых валов при восстановлении»

Мы, нижеподписавшиеся представители ООО «Агросервис», зам. директора по производственным вопросам Раков Н.В. с одной стороны, кандидат технических наук, доцент Фомин А.И., бакалавр 4-го курса направления подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов Кудряков М.С. Мордовского государственного университета с другой стороны, составили настоящий акт в том, что в июне 2020 года в ООО «Агросервис» внедрены технологические решения по повышению усталостной долговечности коленчатых валов.

Особый интерес представляет модернизация стенда для испытаний коленчатых валов на усталостную прочность.

Раков Н.В.

Фомин А.И.

Кудряков М.С.