

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Эксплуатация транспортных средств

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка технологии восстановления распределительных валов

для двигателей КамАЗ-740

Студент

М.Н. Дементьев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н., доцент И.В. Турбин

руководитель

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	3
1 Состояние вопроса	7
1.1 Методы оценки качества приработки двигателей	7
1.2 Оборудование и оснастка для обкатки двигателей	8
1.3 Конструкция, особенности нагружения и применения распределительных валов в ДВС.....	12
1.4 Виды износа, дефекты и неисправности распределительного вала и методы их устранения.....	17
1.5 Обзор методов восстановления распределительных валов.....	19
1.6 Тенденция развития ремонтной базы в стране и опыт развитых стран	26
2 Обоснование необходимости восстановления распределительных валов ..	28
2.1 Составление статистического ряда	28
2.2 Результаты исследования	30
3 Разработка технологического процесса восстановления распределительного вала дизельного двигателя КамАЗ-740	33
3.1 Выбор оптимального способа восстановления.....	33
3.2 Схема технологического процесса.....	36
3.3 Расчет режимов и нормирование операций технологического процесса восстановления	38
3.4 Производственная безопасность на технологический процесс восстановления распределительного вала	48
4 Разработка приспособления для шлифования кулачковых валов автотракторных двигателей	52
4.1 Анализ существующих конструкций.....	52
4.2 Расчет элементов приспособления.....	58
5 Оценка ожидаемого экономического эффекта.....	64
5.1 Расчет себестоимости наплавочных работ	64
5.2 Технико-экономический анализ	68
Заключение	73
Список используемой литературы и используемых источников.....	74

Введение

Увеличение числа автомобилей неизбежно сопровождается повышением расхода жидкого топлива из нефтепродуктов и значительным загрязнением воздуха. На сегодняшний день транспорт в России потребляет более половины светлых нефтепродуктов, что составляет примерно 13% всех энергетических ресурсов. Таким образом, оптимизация объемов использования моторного топлива на основе нефти является одной из важнейших задач национальной экономики. Проблема сокращения загрязнения не менее серьезна, особенно в крупных промышленных городах. Решению этих проблем способствовало широкое использование компримированного природного газа в автотранспортных средствах.

Компримированный природный газ является полноценным топливом для двигателей транспортных средств и не требует большой технической обработки. Расширение сети газопроводов, охватывающих большую часть страны, открывает хорошие перспективы для применения КПГ в качестве моторного топлива для двигателей газобаллонных автомобилей.

Национальные экономические последствия использования компримированного природного газа связаны главным образом с расширением видов традиционных топливно-энергетических ресурсов на автомобильном транспорте и сокращением выбросов токсичных веществ в атмосферу с отработавшими газами.

Двигатели автомобилей являются основой мобильного обеспечения отраслей народного хозяйства Российской Федерации и одним из главных источников загрязнения окружающей среды и потребления моторного топлива нефтяного происхождения. Так, автомобильный транспорт Российской Федерации и соседних стран ежегодно потребляет около 130 миллионов тонн моторного топлива.

Выхлопные газы содержат сотни различных компонентов, большинство из которых ядовиты. Они падают на растения, почву, попадают

в организм животных и людей, снижают урожайность, снижают качество сельскохозяйственной продукции, и в конечном итоге оказываются в организмах животных и людей, в потребляемой ими пище.

Наиболее положительный эффект от эксплуатации техники достигается за счет высокого уровня ее технического обслуживания и ремонта, а также наличием необходимого количества запасных частей. Как показывают технико-экономические расчеты сбалансированное снабжение ремонтных организаций в сфере эксплуатации техники запасными частями, целесообразно осуществлять с учетом периодического восстановления работоспособности ее деталей.

Восстановление деталей машин обеспечивает экономию металла, топлива, энергетических и трудовых ресурсов, в том числе за счет экономии на технологических операциях по восстановлению деталей, которых требуется в 5-8 раз меньше по сравнению с изготовлением новых деталей, а также охрану окружающей среды.

По данным [12] «85 % деталей восстанавливают при износе не более 0,3 мм, то есть их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины. Однако ресурс восстановленных деталей по сравнению с новыми деталями во многих случаях остается низким. В то же время имеются такие примеры, когда ресурс деталей, восстановленных прогрессивными способами, в несколько раз выше ресурса новых деталей. Высокое качество восстановления деталей может быть достигнуто совместными усилиями инженерно-технических работников и рабочих ремонтных участков. Важно, чтобы рабочие, занятые ремонтом машин и оборудования, знали не только назначение, конструкцию, износ и неисправности деталей, но и в совершенстве владели современными способами и приемами сварки и наплавки, нанесения гальванических, газотермических и полимерных покрытий, пластического деформирования, механической, термической и упрочняющей обработки» [45].

Качество продукции затрагивает жизненные интересы человека и включает в себя комплекс показателей назначения и использования: технических, эстетических, эргономических, экономических, надежности.

Для грузовых автомобилей и особенно важна группа показателей надежности, в первую очередь это безотказность и долговечность. Следует иметь в виду, что показатели надежности реализуются в конкретных условиях эксплуатации, которыми во многом определяется их величина. В хозяйствах с нормальным уровнем технической эксплуатации обеспечиваются более высокие показатели надежности, чем в рядовых условиях эксплуатации. Поэтому оценка качества изготовления или ремонта двигателей и элементов затруднена из-за существенного отличия фактических уровней технического использования факторов и автомобилей в хозяйствах.

На основании указанного выше, а также темы магистерской работы предлагается рассмотреть объект процесса восстановления – распределительный вал двигателя внутреннего сгорания.

Распределительный вал – это основная деталь газораспределительного механизма, выполненный в виде вала с кулачками, при помощи которых осуществляется управление открытием и закрытием впускных и выпускных клапанов.

В основном, изношенные распределительные валы в случае ремонта двигателей отбраковываются, так как капитальный ремонт двигателя говорит о предельном износе вала. В этом случае необходимо заменить распределительный вал новым валом. Но для сокращения издержек, можно прибегнуть к замене на правильно восстановленную, с технологической точки зрения, деталь.

В связи с этим одним из актуальных вопросов ремонтного производства на сегодняшний день является многократное использование изношенных деталей. Отсюда возникает необходимость в разработке рационального технологического процесса.

Целью работы является разработка технологического процесса восстановления распределительных валов для двигателей КамАЗ-740

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить конструкции, особенности нагружения и применения распределительных валов в двигателях внутреннего сгорания, дефекты, возникающие в процессе эксплуатации;
- рассмотреть вопросы, касающиеся методов восстановления распределительных валов;
- предложить технологический процесс восстановления распределительного вала;
- разработать конструкцию приспособления для шлифования кулачковых валов;
- определить экономическую эффективность от процесса восстановления распределительных валов.

Практическая значимость работы заключается в усовершенствовании технологического процесса восстановления деталей для повышения качества, так как восстанавливаемые детали могут иметь такую же долговечность и при этом дешевле новых.

В выпускную квалификационную работу магистра входят следующие разделы: введение, пять разделов, заключение, список используемой литературы и используемых источников и включает в себя 77 страниц пояснительной записки, а также 17 рисунков, 8 таблиц, 45 источников.

1 Состояние вопроса

1.1 Методы оценки качества приработки двигателей

«Все показатели, позволяющие характеризовать качество обкатки двигателей в целом, можно разделить на пять групп:

- технические показатели (мощность двигателя, мощность механических потерь, расход топлива, расход масла на угар, прорыв газов в картер, частота вращения и другие);
- показатели изменчивости (скорость, время, стабилизация, характер и другие);
- физико-химические показатели (износостойкость, микротвердость, шероховатость, структура и другие);
- показатели надежности (долговечность, безотказность и другие);
- экономические показатели (затраты времени, труда и денежных средств на технологическую, эксплуатационную и полную обкатку)» [30].

Измерения отдельных, даже обобщающих, показателей недостаточно для качественной оценки степени приработки двигателя в целом. Наиболее полную и объективную информацию о качестве его обкатки можно получить при одновременном определении группы показателей. Наиболее предпочтительными следует считать методы непосредственного измерения структурных диагностических параметров (оценки усилий и перемещений, анализ герметичности, определение суммарных зазоров и так далее).

Для определения некоторых показателей необходима частичная или полная разборка двигателя, поэтому такие способы неприемлемы в практическом использовании.

Критерием окончания приработки сопрягаемых деталей, узлов и двигателя в целом может быть стабилизация по времени изменения нижеуказанных или других параметров: количества прорывающихся в картер

газов; политропы сжатия и расширения; механических потерь; удельного расхода топлива; давления и температуры отработавших газов; износа поверхностей трения [20].

На существующих обкаточно-тормозных стендах относительно невысокая частота прокрутки коленчатого вала двигателя, поэтому определенные значения механических потерь невелики, следовательно, трудно определить с достаточной точностью изменение этого параметра.

«Аналогично можно отметить недостатки и других методов оценки, поскольку они предназначены для решения узких технических задач. Проведя анализ большого перечня разнообразных методов, наблюдается сложность и нерешенность проблемы достоверности и оперативности оценки качества обкатки двигателей» [41].

1.2 Оборудование и оснастка для обкатки двигателей

Обкатка двигателей может проводиться с использованием следующего оборудования и схем нагружения:

- «стенд, включающий в себя электрический двигатель и редуктор (коробка передач), позволяющий обкатывать двигатель только на этапах прокрутки и холостого хода» [12]. Частичное нагружение двигателя обеспечивается бестормозным способом или посредством нагружения гидронасоса дизеля или гидронасосов, дополнительно установленных на стенде и приводимых во вращение через клиноременную передачу от шкива коленчатого вала двигателя. Частичное нагружение двигателя может выполняться за счет сопротивления прокрутки через редуктор другого обкатываемого двигателя;
- гидротормозной стенд, где торможение двигателя выполняется за счет сопротивления потока воды. Для обкатки на режимах

прокрутки может дополнительно использоваться электродвигатель» [14];

- стенд для обкатки двигателя, установленного на автомобиль. Нагружение двигателя при этом может создаваться электротормозным стендом КИ-4893, в котором с одной стороны вала электродвигателя сделан привод для двигателя, устанавливаемого на стенд, а с другой стороны – через вал отбора мощности на двигатель трактора.

Первые две группы стендов – это самодельные конструкции, изготавливаемые и используемые в мастерских при малой программе ремонта и небольших производственных площадях. Необходимость их изготовления вызывается также дефицитом стендов.

При текущем ремонте двигателя, а также в случае отсутствия стендов обкатка начинается сразу на тракторе или автомобиле. Нагрузка создается методом отключения цилиндров или работой двигателя на переменных режимах [42].

В комплекте оборудования для нормального обеспечения процесса обкатки необходимо иметь:

- стенд обкаточно-тормозной;
- устройство для отвода выпускных газов;
- систему топливоподачи, содержащую баки, трубопроводы и весовые устройства;
- вентиляционные устройства для отвода газов, образующихся при обкатке;
- систему охлаждения двигателя;
- систему подачи и очистки смазочного масла;
- устройство дистанционного управления и автоматизации обкатки;
- стенды для контрольного осмотра двигателей;
- подъемно-транспортные устройства для перемещения, установки и снятия двигателя.

Обкаточные станды. Для обкатки двигателей в зарубежных странах используются в основном гидротормозные станды, более надежные работе и имеющие значительно меньшие вес и габариты по сравнению с электротормозными стандами. Станды японского производства, используемые для обкатки дизелей тракторов «Камацу», имеют следующие основные данные: Стенд SF-3,5 при мощности торможения 440 кВт и частоте вращения вала до 3500 мин⁻¹ имеет габариты 960x715x1450 мм. При массе 1000 кг. Стенд P-3,5C при мощности торможения 736 кВт и частоте вращения вала до 3500 мин⁻¹ имеет габариты 1900x1000x1020 мм при массе 1200 кг. Стенд P-1,5, предназначенный для обкатки пусковых двигателей, обеспечивает мощность торможения до 44 кВт при частотах вращения вала от 3000 до 6000 мин⁻¹ и имеет массу 160 кг при габаритах 730x2200x1060 мм.

При высокой технической культуре изготовления и ремонта двигателей возможно исключение этапов прокрутки и, следовательно, проведение обкатки на гидротормозных стандах. Специализированные станды выпускаются для группы однотипных по номинальным мощностям и частотам вращения коленчатого вала двигателей, поэтому при сложившейся ситуации со стандами надо иметь для обеспечения всех потребностей не менее 1-2 стандов для обкатки пусковых двигателей и до 3-х стандов для обкатки автомобильных и тракторных двигателей. Зачастую отремонтированные двигатели обкатываются путем холостой работы и под нагрузкой непосредственно на тракторе (автомобиле). При низком качестве заменяемых деталей и перешлифовки шеек коленчатого вала, а также из-за отсутствия обкаточных стандов иногда вынуждены прибегать к обкатке двигателей путем буксировки и прокрутки двигателя от колес автомобиля. Естественно, что качественной обкатки в этом случае нельзя обеспечить [17].

Стенд КИ-4893 позволяет проводить обкатку и испытание дизеля непосредственно на тракторе, используя вал отбора мощности.

Марка станда выбирается, исходя из режима обкатки двигателя.

В качестве электролита используется водный раствор кальцинированной соды с концентрацией от 0,5 до 1,0% для обкатки двигателей малой и средней мощности и от 2 до 3% – при обкатке двигателей большой мощности. Несмотря на то что в реостате с помощью автоматического устройства поддерживается температура электролита от 50 до 60°C, происходит интенсивное испарение воды, поэтому ее следует регулярно добавлять в бак так, чтобы уровень электролита был не ниже 100 мм от верхнего края бака [23].

У стенда КИ-5773Л взамен жидкостного реостата стенда КИ-5773 использовано тиристорное устройство, позволяющее обеспечить торможение двигателя в широком диапазоне (от 600 до 3000 мин⁻¹) частот вращения коленчатого вала, что делает этот стенд более универсальным.

Сложным вопросом обкатки различных двигателей на стендах являются конструктивные различия их по узлам крепления, отводу выпускных газов и соединению с электродвигателем стенда.

В комплектации обкаточно-тормозных стендов имеются необходимые приспособления для установки двигателей. Совмещение осей коленчатого вала и стенда выполняется перемещением стоек по плитам стенда и вращением винтового механизма стоек. Быстрое и достаточно точное центрирование следует проводить с помощью специально изготовленных для различных марок двигателей оправок.

На заводах-изготовителях и на крупных ремонтных предприятиях используются приспособления-спутники. Двигатель закрепляется на спутнике, к нему подключаются системы топливо- и маслоподачи, охлаждения двигателя и отвода выпускных газов. Далее спутник устанавливается на стенд с автоматическим подсоединением всех систем к общим коммуникациям обкаточного участка. При использовании спутников повышаются производительность и условия труда слесарей-обкатчиков, более эффективно используются стенды. С их помощью можно частично

решить проблему недостаточной универсальности стендов для обкатки и испытания двигателей, применив различные переходные модули.

Последние модели стендов оборудованы устройствами дистанционного контроля показаний весового механизма тормоза, тахометра, манометра и термометров, управления подачей топлива, заглублением и выглублением ножей реостата. Аттестация обкаточно-тормозных стендов должна проводиться ежегодно лабораторией Госстандарта или ведомственной лабораторией. При этом проверяются тахометр, весовое устройство, термометры, манометры и весы для определения расхода топлива. Кроме того, раз в полгода целесообразно проводить техническое обслуживание стендов, предусматривающее при необходимости замену ножей реостата и циферблата весового механизма, проверку концентрации и загрязненности и возможную замену электролита.

1.3 Конструкция, особенности нагружения и применения распределительных валов в ДВС

«Распределительный вал – это основная деталь газораспределительного механизма, выполненный в виде вала с кулачками, служащая для синхронизации впуска или выпуска и тактов работы двигателя внутреннего сгорания» [1].

Общий вид распределительного вала представлен на рисунке 1.

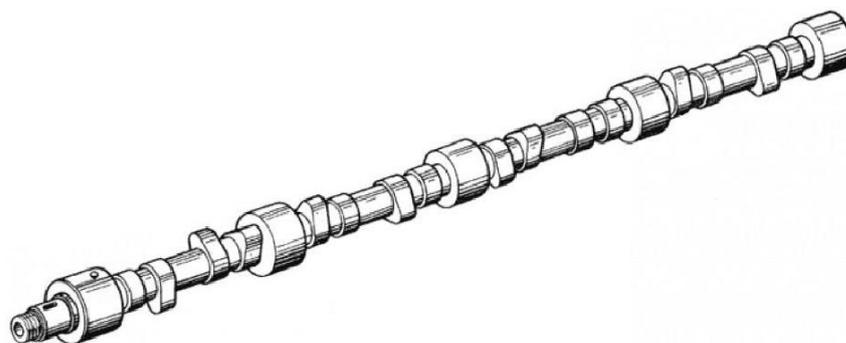


Рисунок 1 – Распределительный вал двигателя КамАЗ-740

«Составной частью распределительного вала являются кулачки, количество которых соответствует количеству впускных и выпускных клапанов двигателя. Таким образом, каждому клапану соответствует индивидуальный кулачок, который и открывает клапан, набегая на рычаг толкателя клапана. Когда кулачок сбегает с рычага, клапан закрывается под действием мощной возвратной пружины» [1].

Распределительный вал изготавливают штамповкой из углеродистых или легированных сталей, а конкретно для рассматриваемого двигателя ЯМЗ-240 – из стали 18ХГТ.

В таблице 1 представлены характеристики стали 18ХГТ.

Таблица 1 – Характеристики стали 18ХГТ

Марка	18ХГТ
«Заменитель»	30ХГТ, 25ХГТ, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН2М, 14ХГСН2МА» [21].
«Классификация»	Сталь конструкционная легированная
Дополнение	Сталь хромомарганцевая
Применение	Улучшаемые или цементируемые детали ответственного назначения, от которых требуется повышенная прочность и вязкость сердцевины, а также высокая поверхностная твердость, работающие под действием ударных нагрузок» [23].
Зарубежные аналоги	20MnCr5G (Германия), 20MC5 (Франция), 20CrMnTi (Китай), 18ChGT (Болгария), 18HGT (Польша), 20TiMnCr12, 21TiMnCr12q (Румыния), 14223 (Чехия)

В таблице 2 представлен химический состав в процентном соотношении материала 18ХГТ по ГОСТ 4543-71.

Таблица 2 – Химический состав в процентном соотношении материала 18ХГТ

Процентное содержание	Химический элемент								
	Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Титан	Медь
	от 0,17	от 0,17	от 0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	от 1	от 0,03	до 0,3
	до 0,23	до 0,37	до 1,1				до 1,3	до 0,09	

В таблице 3 представлены технологические свойства материала 18ХГТ.

Таблица 3 – Технологические свойства материала 18ХГТ

Параметр	Значение
Свариваемость	без ограничений
Флокеночувствительность	не чувствительна
Склонность к отпускной хрупкости	малосклонна

«Поверхности опорных шеек и кулачков вала подвергнуты закалке токами высокой частоты на глубину от 2 до 5 мм до твердости 54-63 HRC. Ширина закаленной зоны цилиндрической части кулачка не менее 17 мм и расположена симметрично относительно кромок кулачка. Необходимая твердость опорных шеек составляет от 55 до 63 HRC, кулачков – не менее 55 HRC» [38].

Во время работы двигателя на распредвал действуют силы трения, вибрация, знакопеременные нагрузки, среда, вследствие чего и возникают следующие дефекты вала:

- износ кулачков (приводит к сокращению времени открытия впускных и закрытия выпускных клапанов, следовательно, к ухудшению наполнения цилиндров и выпуска продуктов сгорания);
- износ опорных шеек (приводит к стукам в газораспределительном механизме и может привести к износу элементов масляной системы),
- увеличение прогиба [36].

Размеры и требования к поверхностям опорных шеек и кулачков представлены на рисунке 3.

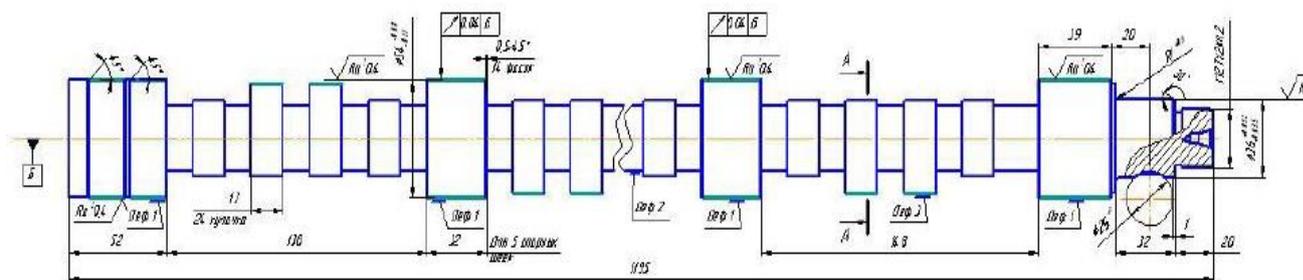


Рисунок 3 – Дефектовочный чертеж распределительного вала

Технологические условия по осуществлению контроля, сортировки и восстановления распределительных валов представлены в таблице 4. В случае если геометрические, прочностные и другие характеристики распределительного вала не соответствуют требованиям технических условий, то необходимо проводить мероприятия по восстановлению распределительного вала.

Таблица 4 – Перечень дефектов распределительного вала и методы их устранения

Возможные дефекты	Способ установления дефекта и средства контроля	Размер, мм		Рекомендации по устранению дефектов
		по рабочему чертежу	допустимый, без ремонта	
«Трещины	Дефектоскоп	–	–	Браковать
Отколы по торцам вершин кулачков	Штангенциркуль	–	–	Зачистить острие кромки, браковать при отколах более 3,00 мм» [26]
«Уменьшение цилиндрической части кулачков	Скоба	Ширина: 8,05±0,1 Длина: 37,00±0,05	Ширина: 7,90 Длина:36,00	Шлифовать по копиру, браковать при уменьшении размера на 44,50 мм
Износ впускных и выпускных кулачков по высоте	Скоба	54	53,89	–
Износ передней и средней опорных шеек	Размеры: I ремонтный II ремонтный	53,69 53,89 53,6	53 53,49 53,49	Шлифовать под ремонтный размер» [18]
«Погнутость распределительного вала	Приспособление для контроля погнутости вала	Биение средних шеек не более 0,025	0,04	Править» [12]
«Износ задней опорной шейки	Скоба	42	41,93	Шлифовать под ремонтный размер
	Размеры:	41,73	41,73	–
	I ремонтный II ремонтный	41,8 41,6	41,53 41,73	
Износ шейки под шестерню	Скоба	35	35,01	Хромировать, железнить» [34]
«Износ шпоночного паза	Калибр	5	5	Фрезеровать новый паз под углом 180° к изношенному
Срыв или износ резьбы	Калибр-кольца резьбовые	M27x2-6g	–	Наплавить» [6]

Для того чтобы допустить деталь (распределительный вал) к восстановлению, необходимо, чтобы он отвечал следующим техническим требованиям:

- «твёрдость цилиндрической поверхности опорных шеек составляет от 55 до 63 HRC, кулачков от 55 до 64 HRC;
- шлифованные поверхности вала не должны иметь рисок и рытвин;
- допускается не устранять дефекты, величина которых не выходит за установленные значения;
- вал не принимается для восстановления при наличии трещин, не устраняемых обработкой под приварку;
- допуск радиального биения цилиндрических поверхностей средних опорных шеек относительно общей оси крайних не должен быть более 0,04 мм;
- биение затылков кулачков относительно общей оси крайних опорных шеек не должно превышать 0,035 мм, прямолинейность образующих поверхностей кулачков – не более 0,005 мм;
- остальные технические требования по ГОСТ 70.0001.026-80»[7].

Следующим этапом после приемки к восстановлению распределительного вала, необходимо определиться с допустимым и перспективным методом его восстановления. В данном случае «перспективность» характеризуется:

- высокой производительностью,
- низкой стоимостью,
- высоким уровнем качеством.

В настоящее время существует несколько методов восстановления распределительных валов, но учитывая практический опыт восстановления, в работе предлагается рассмотреть:

- плазменно-порошковую наплавку,
- электроконтактную приварку металлической ленты.

1.4 Виды износа, дефекты и неисправности распределительного вала и методы их устранения

Основные дефекты, возникающие при эксплуатации вала, а также методы их устранения представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Дефекты распределительных валов

Наименование дефекта	Причины возникновения дефекта	Способ устранения дефектов
Царапины, задиры, сильный износ на поверхностях опорных шеек	«Недостаточное давление масла в системе смазки. Недостаточный уровень масла в картере двигателя. Использование некачественного моторного масла. Сильный перегрев, приведший к разжижению масла. Попадание топлива в масло, приведшее к разжижению масла. Засоренный масляный фильтр. Несвоевременная замена масла. Большой пробег двигателя» [7].	Шлифовка шеек распределительного вала в ремонтный размер и установка вкладышей или втулок ремонтного размера. В случае сильных повреждений возможна наплавка опорных шеек с последующей проточкой и шлифовкой до номинального размера. Проверка, и в случае необходимости, ремонт посадочных мест под распредвал. Проверка масляного насоса и при необходимости – его ремонт или замена. Чистка, промывка и продувка масляных каналов головки блока и блока цилиндров. Проверка и при необходимости ремонт системы питания. Проверка и при необходимости ремонт системы охлаждения. Замена масла и масляного фильтра Проверка изгиба распределительного вала и правка
Задиры, сильный износ на рабочих поверхностях кулачков	«Недостаточное давление масла в системе смазки; Недостаточный уровень масла в картере двигателя. Использование некачественного моторного масла. Сильный перегрев, приведший к разжижению масла. Попадание топлива в масло, приведшее к разжижению масла. Засоренный масляный фильтр. Несвоевременная замена масла. Неотрегулированный зазор в	Наварка кулачков распределительного вала. Замена гидрокомпенсаторов. Проверка, регулировка и при необходимости ремонт клапанного механизма. Проверка масляного насоса и при необходимости – его ремонт или замена. Чистка, промывка и продувка масляных каналов головки блока и блока цилиндров. Замена масла и масляного фильтра.

Продолжение таблицы 5

Наименование дефекта	Причины возникновения дефекта	Способ устранения дефектов
	клапанном механизме» [34].	Проверка и при необходимости ремонт системы питания. Проверка и при необходимости ремонт системы охлаждения. Проверка изгиба распределительного вала и правка
Трещины распредвала	Обрыв ремня или цепи привода газораспределительного механизма. Посторонние предметы в цилиндре. Неправильно установлены фазы газораспределения.	Всё зависит от характера и глубины трещин. Если трещины не глубокие, то возможна наварка на специализированных предприятиях, но чаще всего такой распредвал подлежит замене. Если производились сварочные работы, обязательна проверка на изгиб и правка вала
Выработка и царапины на шейках под сальники	Большой пробег двигателя; Посторонние частицы в масле. Случайное повреждение при замене сальников	Если царапины незначительны – шлифовка. Выработка незначительна – установка новых сальников с осевым смещением Иначе возможна наварка с последующей проточкой и шлифовкой под номинальный размер. Если производились сварочные работы обязательна проверка на изгиб и правка вала
Разрушение посадочных мест под установочные штифты, шкивы, шестерни, а также шпоночных пазов	Неправильная затяжка болтов крепления шкивов и шестерен. Биение шкивов или шестерен	Возможна наварка с последующей проточкой посадочных мест, фрезерованием новых шпоночных пазов. При этом обязательна проверка на изгиб и правка вала
Разрушение резьбы в крепежных отверстиях	Неправильная затяжка болтов крепления	Возможна заварка повреждённой резьбы, высверливание нового отверстия и нарезка новой резьбы. При этом обязательна проверка на изгиб и правка вала
Выработка и царапины на шейках под сальники	Большой пробег двигателя; Посторонние частицы в масле. Случайное повреждение при замене сальников	Если царапины незначительны – шлифовка. Выработка незначительна – установка новых сальников с осевым смещением. Иначе возможна наварка с последующей проточкой и шлифовкой под номинальный

Продолжение таблицы 5

Наименование дефекта	Причины возникновения дефекта	Способ устранения дефектов
		размер. Если производились сварочные работы, обязательна проверка на изгиб и правка вала

1.5 Обзор методов восстановления распределительных валов

1.5.1 Основные виды наплавки распределительных валов

Для восстановления изношенных шеек распределительного вала применяются различные методы наплавки (таблица 6).

При наплавке рабочий слой может быть практически любой толщиной, а также иметь требуемый химический состав, то есть, возможно, получить слой необходимой твердостью и износостойкостью.

Таблица 6 – Основные методы наплавки

Наименование вида наплавки	Описание вида наплавки, его характерных особенностей	Случаи применение
«Ручная наплавка	Сущность ручной наплавки заключается в том, что теплом сварочной дуги плавится основной металл (металл наплавляемой детали) и присадочный материал (электродный стержень с покрытием), затем происходит кристаллизация расплавленного металла. При ручной дуговой наплавке плавящимся электродом режим наплавки зависит от толщины металла, подлежащего наплавке, размеров изделия, требований к качеству и внешнему виду. Ручная наплавка может быть выполнена: угольными электродами, газовым пламенем, с применением литых прутков или с вдуванием порошков, в среде защитных газов (неплавящимся электродом в среде аргона, плазменной дугой) и электродами с особыми свойствами. Наплавку ведут на постоянном или переменном токе	Применяется в основном для наплавки стальных деталей. Сложно контролировать качество наплавленного слоя. Применяется на «неответственных поверхностях» [2]
«Наплавка под слоем флюса	Сущность наплавки заключается в том, что между деталью и оголенным металлическим электродом, к которым подводится ток от источника питания, возникает электрическая	Полученный наплавленный слой имеет высокое качество,

Продолжение таблицы 6

Наименование вида наплавки	Описание вида наплавки, его характерных особенностей	Случаи применения
	<p>дуга. Ток может быть переменным и постоянным. В зону дуги подают флюс. Слой флюса толщиной 50-60 мм закрывает дугу и плавится под воздействием ее тепла. Вокруг зоны наплавки образуется своеобразный защитный слой, который предохраняет расплавленный металл от воздействия окружающей среды: окисления, разбрызгивания, угара и образования пор. Металл переносится с проволоки через дуговой промежуток в жидкую ванну в виде капель и перемешивается с расплавленным основным металлом.</p>	<p>может быть применен для наплавки валов» [22].</p>
<p>Разрушение посадочных мест под установочные штифты, шкивы, шестерни, а также шпоночных пазов</p>	<p>Неправильная затяжка болтов крепления шкивов и шестерен. Биение шкивов или шестерен</p>	<p>Возможна наварка с последующей проточкой посадочных мест, фрезерованием новых шпоночных пазов. При этом обязательна проверка на изгиб и правка вала</p>
<p>«Механизированная наплавка</p>	<p>Главные особенности механизированных способов наплавки: непрерывность процесса, которую достигают использованием электродной проволоки или ленты в виде больших мотков; подвод тока к электроду на минимальном расстоянии от дуги, что позволяет применять токи большой силы</p>	<p>Высокая производительность обработки. Полученный наплавленный слой имеет высокое качество » [22].</p>
<p>Трещины распределительного вала</p>	<p>Обрыв ремня или цепи привода газораспределительного механизма. Посторонние предметы в цилиндре. Неправильно установлены фазы газораспределения.</p>	<p>Всё зависит от характера и глубины трещин. Если трещины не глубокие, то возможна наварка на специализированных предприятиях, но чаще всего такой распределитель подлежит замене. Если производились сварочные работы, обязательна проверка на изгиб и правка вала</p>

Продолжение таблицы 6

Наименование вида наплавки	Описание вида наплавки, его характерных особенностей	Случаи применения
		устойчивостью процесса.
«Наплавка порошковыми проволоками	Сущность способа заключается в том, что в качестве электродного материала применяют специальную порошковую проволоку, в состав которой наряду с легирующими элементами введены защитные газо- и шлакообразующие вещества в количестве 10-12% от массы проволоки. Широко проверку прошли два типа порошковой проволоки для наплавки под слоем флюса и открытой дугой без дополнительной защиты. Для наплавки порошковой проволокой в качестве оборудования применяют те же автоматы и полуавтоматы, что и для сварки и наплавки сплошными электродными проволоками под слоем флюса	Наплавочные порошковые проволоки рекомендуется применять, прежде всего, для восстановления деталей с большими величинами износа» [44].
«Наплавка в среде защитных газов	Сущность способа заключается в том, что защитный газ непрерывно подается в зону дуги, горячей между наплавляемой деталью и плавящимся или неплавящимся электродом. В ремонтном производстве применяют полуавтоматическую наплавку в среде углекислого газа плавящимся электродом на постоянном токе при обратной полярности, а также способ автоматической электродуговой наплавки в среде защитного газа с направленным охлаждением. Эта обеспечивает получение наплавленного металла высокого качества (без пор, раковин и трещин). Охлаждающая жидкость подводится на строго определенное расстояние от зоны горения дули. Она закаливает нанесенный слой и позволяет регулировать его твердость в широких пределах - 20-50 HRC	Высокое качество наплавленного слоя. Возможность регулировать твердость получаемой поверхности в широком диапазоне. Может быть применен для наплавки «распредвалов» [2].
«Наплавка в среде водяного пара	Вибродуговая наплавка в защитной среде водяного пара с одновременным охлаждением детали отдельной струей жидкости создает благоприятные условия формирования и кристаллизации наплавленного слоя, уменьшает склонность	Высокое качество наплавленного слоя. Возможность регулировать твердость получаемой

Продолжение таблицы 6

Наименование вида наплавки	Описание вида наплавки, его характерных особенностей	Случаи применения
	наплавленного металла, к. образованию пор, и трещин, позволяет в широком диапазоне регулировать структуру и твердость наплавленного металла путем, установления определенного расхода, и. места подвода охлаждающей жидкости. Повышает усталостную прочность вследствие уменьшения, дефектов металла наплавки. Для наплавки в среде водяного пара используют обычные сварочные полуавтоматы	поверхности в широком диапазоне. Может быть применен для наплавки распределительных валов» [2].

В случае если дефекты не обладают браковочными признаками, то их устраняют различными способами обработки для доведения размеров под ремонтные размеры:

- слесарно-механическим,
- пластическим деформированием,
- вибродуговой наплавкой,
- наплавкой под слоем легирующего флюса.

Распределительные валы, пригодные для использования в двигателе автомобиля должен отвечать требованиям технических условий:

- «овальность и конусность коренных и шатунных шеек не должна превышать по длине шейки 0,02 мм (в некоторых случаях после ремонта допускается до 0,03 мм);
- биение вала по средней шейке должно быть не более 0,04 мм;
- шероховатость поверхностей опорных шеек должна не более 0,63 мм;
- смещение шпоночной канавки относительно диаметральной плоскости не должно превышать 0,1 мм;
- образующие поверхности кулачков должны быть параллельны образующим опорных шеек вала (отклонение от параллельности не должно превышать 0,008 мм на длине кулачка);

- одноименные шейки должны быть шлифованы под один ремонтный размер» [8].

При проведении работ по дефектовке обычно используют следующие приборы, инструменты и приспособления:

- прибор для установки деталей в центрах для измерения биения (к примеру, модель ПБМ500),
- лупа с четырехкратным увеличением,
- штангенциркуль ШЦ-1-160-0,1,
- микрометры,
- индикатор часового типа на штативе.

Перед проведением дефектации необходимо оценить состояние поверхности, наличие трещин изломов, а также состояния всех отверстий распределительного вала путем визуального осмотра. После осмотра необходимо провести конструкционные измерения опорных шеек в поясах I-I; II-II и двух взаимно перпендикулярных плоскостях А-А и Б-Б (рисунок 4).

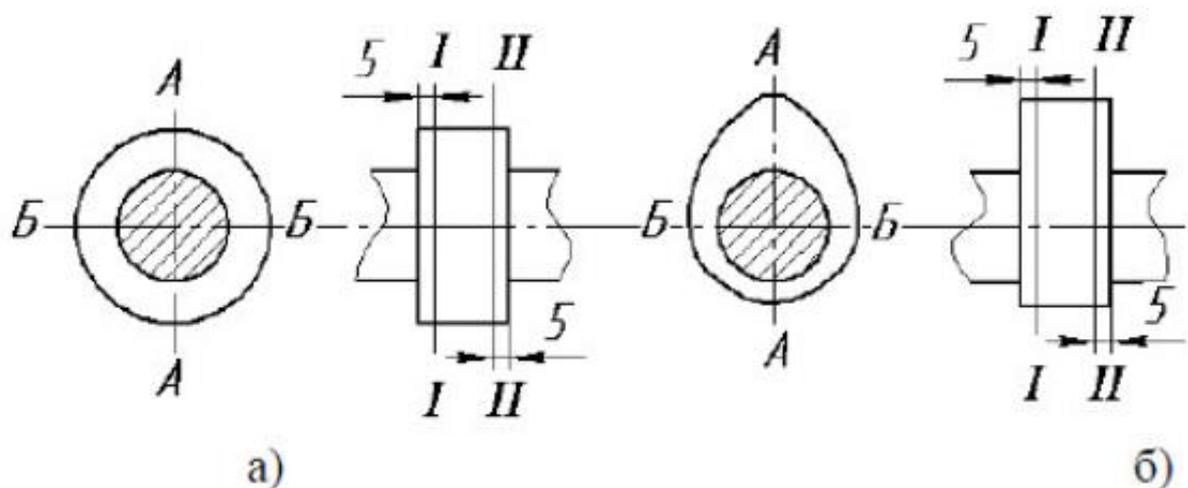


Рисунок 4 – Схема измерения распределительного вала для проведения дефектации

По результатам конструкционных измерений определяется овальность, конусность.

Признаком овальности являются разность длин отрезков А-А и Б-Б больше 0,02 мм, сечению окружности опорной шейки характерна овальность. Если разность длин отрезков А-А и Б-Б находятся в диапазоне 0-0,02 мм, то овальности в сечении окружности шейки нет. По такому же принципу определяется конусность шеек. Значения А-А, Б-Б определяются в строгом соответствии со схемой, используя поверенный микрометр.

После того как овальность и конусность опорных шеек была определена, необходимо оценить состояние кулачков распределительного вала, которое определяется путем измерения диаметров цилиндрической части кулачков в двух поясах, находящихся на расстоянии 5 мм от торцов кулачка, а также их высоту. При измерении диаметров кулачков необходимо также использовать поверенный микрометр. После проведенных измерений необходимо рассчитать высоту подъема каждого клапана.

Следующим измеряемым параметром является радиальное биение распределительного вала, которое определяют по средней шейке, при помощи специального индикатора.

Проверка осуществляется следующим образом. Обеспечивается натяг стержня индикатора 2-3 мм и поворачивают распределительный вал, чтобы стрелка индикатора заняла одно из крайних положений. Потом распределительный вал поворачивают на 180° и фиксируют положение стрелки. Чтобы определить биение вала необходимо вычислить разность этих двух показателей. В случае образования серьезных повреждений распределительный вал ремонту не подлежит, то есть его отбраковывают.

Если повреждения шеек не существенны, то распределительный вал подлежит восстановлению путем шлифования опорных шеек.

1.5.2 Термическая и механическая обработка распределительных валов после наплавки

«После операции наплавки распределительный вал необходимо подвергнуть термической обработке (отпуску/отжигу) с последующей нормализацией. Это необходимо если технологическим процессом

предусмотрена закалка или переплав поверхностей кулачков в среде защитного газа – аргона.

После термической обработки кулачков распределительных валов их подвергают шлифовке по заданному профилю.

Кулачки распределительного вала шлифуют электрокорундовыми кругами на керамической связке различной зернистостью и твердостью. К примеру, шлифовальный круг 24A16CM16K с применением смазочно-охлаждающей жидкости.

Твердость кулачков распределительного вала должна превышать 50 HRC на глубину 0,7 мм. В случае если при наплавке удастся получить такую твердость на такой глубине, то операцию переплава кулачков в среде защитного газа не производят» [2].

1.5.3 Финишная обработка поверхностей распределительного вала

«Для финишной обработки шеек распределительного вала применяют полирование и поверхностно-пластическое деформирование.

Полирование позволяет получить качество поверхностей до шероховатости Ra 0,16.

Альтернативным методом – выглаживанием, можно получить не только шероховатость Ra 0,16, но и создать упрочненный поверхностный слой, что важно для снижения износа трущейся поверхности кулачка распределительного вала. Однако сложность реализации метода препятствует его широкому распространению при выглаживании распределительных валов, которая заключается в необходимости прикладывания определенного усилия на всей поверхности криволинейного кулачка, удерживая вектор приложения силы к нормали поверхности.

В качестве инструмента при выглаживании используются различные деформирующие элементы – шар, ролик, дорн.

Этим методом можно обрабатывать металлы, которые подвергаются деформации в холодном состоянии, в том числе чугуны» [31].

1.6 Тенденция развития ремонтной базы в стране и опыт развитых стран

Различные виды транспорта играют различную роль в транспортном комплексе различных стран. Например, в странах Европы автомобильные перевозки из общего объёма грузоперевозок составляют более 80%. В России же, в связи с большой географической протяжённостью, автомобильный транспорт изначально, со времён СССР, формировался как обслуживающий для железнодорожного и водного. Но с началом массового строительства дорог, улучшением их качества доля автоперевозок стала существенно возрастать, в том числе значительно возросли объёмы дальних автоперевозок. Сейчас автомобильный транспорт играет существенную роль в транспортном комплексе страны [34].

«С начала 1990 года в стране резко упали объёмы автомобильных грузовых перевозок. Отсутствие финансирования государственных предприятий, либерализация цен в экономике привели к массовому падению производства. Высокая инфляция ликвидировала оборотные средства автохозяйств, содержание крупных автохозяйств, на несколько сот машин, стало экономически не выгодным» [10].

В рыночной экономике наиболее эффективными становятся мелкие организации, которые используют узконаправленную специализацию. В нашем случае, это либо автоперевозки (парк составляет 5-20 машин), либо авторемонтное предприятие с требуемым оборудованием, с количеством работников, не превышающим 60 человек.

«В Российской Федерации большое количество грузовых автомашин находится в частных руках. Ремонт этих машин на крупных авторемонтных мастерских становится не выгодным в связи с большими накладными расходами ремонтного предприятия. Поэтому наличие мелких авторемонтных фирм с невысокими накладными расходами становится необходимостью. В условиях мирового финансового кризиса и низких цен на

нефть произошла девальвация рубля, и цены значительно выросли. В этих условия при ремонте автомобилей стало выгодно использование восстановленных деталей вместо дорогих новых. Тем более что наладить производство восстановленных деталей не так затратно, а для конечного потребителя выгоднее стало отдать деталь на ремонт и восстановление, чем купить дорогую – новую» [21].

Выводы по разделу.

В данном разделе работы проведен обзор конструкции распределительных валов двигателя, рассмотрены виды износа, дефекты, неисправности и современные методы их устранения.

Анализ литературных источников показал, что в ближайшем будущем, организации, специализирующиеся на восстановление деталей, будут востребованы, и количество их будет только расти.

2 Обоснование необходимости восстановления распределительных валов

Распределительный вал является одним из важнейших элементов двигателя, который предназначен для придания движения впускным и выпускным клапанам.

В процессе исследования были измерены восемь распределительных валов, четыре из которых от карбюраторных двигателей (ЗИЛ-130, ГАЗ-53А) и оставшиеся четыре от дизельных двигателей (А-01, КамАЗ-740).

Схема измерения распределительного вала на рисунке 5.

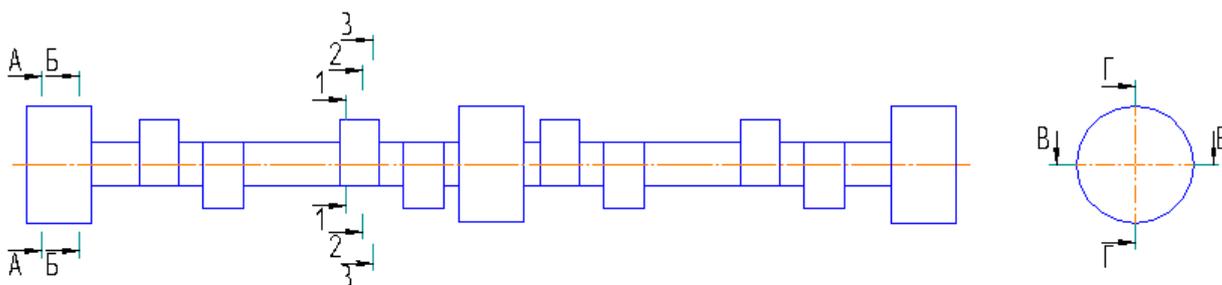


Рисунок 5 – Схема измерения распределительного вала

2.1 Составление статистического ряда

«Статистический ряд составляют, когда повторяемость информации превышает 25. При этом информацию разбивают на несколько равных интервалов. Каждый последующий интервал должен примыкать к последующему без разрывов. Обычно число интервалов принимают в пределах от 6 до 10. При увеличении их числа повышается точность расчетов, но одновременно возрастает трудоемкость расчетов» [28].

«Число интервалов статистического ряда определяют по формуле:

$$n = \sqrt{N} \pm 1. \quad (1)$$

Полученный результат округляется до ближайшего большего числа.

Длина интервала определяется по формуле:

$$\Delta t = (t_{\max} - t_{\min}) / n. \quad (2)$$

где t_{\max} , t_{\min} – наибольшее и наименьшее значение показателя надежности в сводной таблице информации» [3].

«Статистический ряд представляется в виде таблицы, в первой строке которой указывают границы интервалов в единицах показателя надежности: во второй строке число случаев (опытную чистоту) попадающих в каждый интервал.

В третьей строке указывают опытные вероятности» [3]:

$$P_i = \frac{m_i}{N}. \quad (3)$$

«Среднее значение и среднее квадратическое отклонение показателя надежности определяются по зависимостям (4, 5):

$$t^- = \sum_{i=1}^n t_{ci} \cdot P_i, \quad (4)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t_{ci} - t^-)^2 \cdot P_i}. \quad (5)$$

где t_{ci} – значение середины i -го интервала;

P_i – опытная вероятность для i -го интервала» [3].

«Грубую проверку информации на выпадающие точки проводят по «правилу трех сигм»: если крайние точки информации не выходят за пределы, то все точки информации считают действительными.

Более точно информацию на выпадающие точки проверяют по критерию Ирвина:

$$\lambda_{on} = \lambda_m, \quad (6)$$

где λ_{on} и λ_m – теоретическое и опытное значение критерия, соответственно» [3].

«Фактическое значение критерия определяются по формуле (7):

$$\lambda_{on} = \frac{t_i - t_{i-1}}{\sigma}, \quad (7)$$

где t_i и t_{i-1} любые две смежные точки информации» [3].

2.2 Результаты исследования

«По данным статистического ряда строят гистограмму, полигон и кривую накопленных опытных вероятностей, которые дают наглядное представление об опытном распределении показателя надежности и позволяют решать ряд инженерных задач графическим способами» [3].

Гистограмма представлена на рисунке 6.

«Определение коэффициента вариации. Коэффициент вариации, характеризующий рассеивание показателя надежности, определяется по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{t - t_{cm}}, \quad (8)$$

где t_{cm} – смещение рассеивания показателя надежности, то есть расстояние от начала координат до начала рассеивания случайной величины» [3].

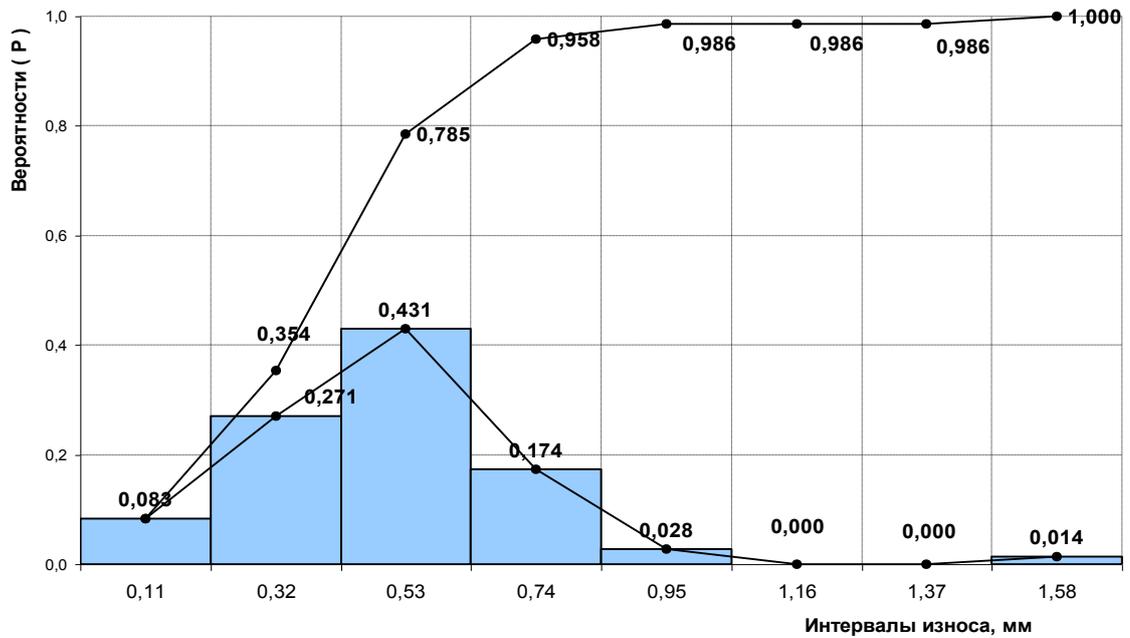


Рисунок 6 – Вид опытного распределения износа кулачков дизельного двигателя

«Смещение рассеивания рассчитывают по формуле:

$$t_{см} = t_{H1} - 0,5 \cdot \Delta t, \quad (8)$$

где t_1 – первая опытная точка;

t_{H1} – начало первого интервала статистического ряда» [3].

Выбор теоретического закона распределения для выравнивания опытной информации.

«Для выравнивания распределений показателя надежности наиболее широко используют закон нормального распределения и закон распределения Вейбулла. В первом приближении теоретический закон распределения выбирают по коэффициенту вариации. При коэффициенте вариации меньшем или равный 0,33 выбирают закон нормального распределения, при коэффициенте вариации больше 0,5 применяют закон распределения Вейбулла. Если значение коэффициента вариации находится в интервале от 0,33 до 0,50, то выбирают тот, который дает лучшее совпадение с распределением опытной информации» [40].

«Дифференциальная функция ЗНР описывается уравнением:

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}}, \quad (10)$$

где e – основание натурального логарифма.

Дифференциальная функция ЗНР описывается уравнением (11):

$$f(t) = \frac{b}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{b-1} e^{-\left(\frac{t}{a}\right)^b}. \quad (11)$$

где a и b – параметры масштаба и формы ЗРВ, соответственно» [3].

«При обработке информации по показателям надежности наиболее часто применяется критерий согласия Пирсона, определяемый по уравнению:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{n_y} \frac{(m_i - m_{T1})^2}{m_{Ti}}. \quad (11)$$

где n_y – число укрупненных интервалов;

m_i – опытная частота в i -ом интервале статистического ряда;

m_{Ti} – теоретическая частота в i -ом интервале» [3].

Выводы по разделу.

В данном разделе работы проведены замеры основных размеров распределительных валов различных марок грузовых автомобилей для определения степени его износа. На основании полученных данных была построена гистограмма.

3 Разработка технологического процесса восстановления распределительного вала дизельного двигателя КамАЗ-740

3.1 Выбор оптимального способа восстановления

Работа распределительного вала в условиях ударных нагрузок и действия на него инерционных и центробежных сил со стороны деталей газораспределительного механизма приводит к возникновению дефектов, основными из них являются износ впускных и выпускных кулачков по высоте и износ опорных шеек (рисунок 7).



Рисунок 7 – Виды износа кулачков и опорных шеек

Рассмотрим более приемлемые способы восстановления вала:

- «электродуговая металлизация, принцип действия, которого заключается в расплавлении исходного материала и напылении его сжатым воздухом на поверхность детали. Простой, экономичный способ, но имеет недостатки: большие потери при напылении, значительное выгорание химических элементов и окисление наращиваемого слоя. Наплавленный слой неустойчив к ударным, механическим, колебательным нагрузкам и к скручиванию» [9];
- «плазменная наплавка и напыление. К достоинствам плазменной наплавки и плазменного напыления можно отнести возможность

нанесения толстого слоя металла (от 0,2 до 5 мм и более), который имеет высокую твердость и износостойкость благодаря высокой температуре плазменной струи, позволяющая расплавить практически любые тугоплавкие присадочные материалы, незначительное тепловое воздействие на деталь, высокая производительность (от 5 до 12 кг/ч). К недостаткам плазменного напыления можно отнести нестабильную прочность сцепления слоя с основой» [43];

- «электроконтактная приварка металлических материалов, к преимуществам которой относятся отсутствие нагрева и деформации детали, универсальность, то есть возможность использования в качестве присадочного материала стальной ленты, проволоки и порошков твердого сплава, закалка слоя непосредственно в процессе приварки, повышение производительности от 2 до 3 раза и уменьшение расхода металла от 3 до 4 раза, по сравнению с дуговой наплавкой, благодаря возможности регулирования толщины привариваемого слоя в пределах от 0,1 до 1,5 мм в зависимости от величины износа деталей, позволяющие сократить припуск и трудоемкость последующей обработки, отсутствие выгорания легирующих элементов присадочного материала и перемешивая его с основным материалом, что позволяет легко получать требуемые свойства слоя, более благоприятные условия труда, так как нет светового излучения, шума, вредных выделений и разбрызгивания жидкого металла, процесс приварки протекает при низком напряжении тока» [9].

Рассмотрим способы восстановления износа кулачков распределительного вала:

- «восстановление газопорошковой наплавкой. В результате сплавления прочность сцепления покрытия с основным металлом

достигает от 400 до 600 МПа. В качестве газа широкое применение получил пропан, горелка ГН-2. Для наплавки применяют различные порошки. Поверхность имеет твердость 38-40 HRC, пористость слоя 17-18 %» [10];

- «восстановление плазменной наплавкой, которую производят на специальном станке с копиром, причем движение по копиру осуществляет плазмотрон, а деталь вращается синхронно с копиром. В качестве наплавочных материалов рекомендуется применять порошки типа ПГХН80СР3 и ПГХН80СР4 с размером фракций 100-400 мкм. Высокие энергетические возможности низкотемпературной плазмы повышают производительность наплавки. Однако острый дефицит плазмообразующих газов удерживает их широкое применение» [9];
- «индукционная наплавка, сущность которой заключается в нагреве предварительно размещенного (нанесенного) на их поверхность присадочного материала до расплавления в большинстве случаев за счет теплоотдачи от детали, нагретой вихревыми токами, наведенными (нанесенными) высокочастотным переменным полем индуктора, по которому, проходит ТВЧ, и соединяя его с основой.

«На основании проведенного анализа способов восстановления, определены наиболее технологичные, дешевые и допустимые способы устранения основных дефектов рассматриваемого распределительного вала.

Учитывая технологические возможности каждого из предлагаемых способов, и возможности их применения, проведем выбор способов и, в целом, технологического маршрута для устранения всех выше перечисленных дефектов» [25].

В соответствии с выбранным способом восстановления распределительного вала маршрут восстановления будет выглядеть следующим образом

- мойка коленчатого вала,

- дефектовка,
- черновое шлифование шеек,
- чистовое шлифование шеек,
- контактная приварка металлической ленты,
- газопорошковая наплавка.

Такой выбор технологического маршрута может быть объяснен следующими соображениями.

Выбор оборудования.

Чистовую и чистовую обработку опорных шеек распределительного вала ЗИЛ-131, будет производиться на станке марки MQ8260A-20 (данные по станку приведены в руководстве по эксплуатации) с кругами для черновой и чистовой обработки методом шлифования с продольной подачей со следующими характеристиками.

- а) шероховатость поверхности:
 - 1) для чистовой обработки – 0,63 мкм,
 - 2) для черновой обработки – 1,25 мкм;
- б) скорость вращения при обработке – 35 м/с,
- в) твердость HRC \geq 30.

По необходимым нам характеристикам подходят два шлифовальных круга:

- для черновой обработки – 13A,23A40HCT16K1,
- для чистовой обработки – 23A16-25HCT16K1.

3.2 Схема технологического процесса

Для того чтобы иметь наглядное представление о структуре технологического процесса восстановления распределительного вала, рассмотрим схему технологического процесса для устранения износов опорных шеек и впускных и выпускных кулачков (рисунок 8).

«У распределительных валов, поступающих в ремонт, в первую

очередь, очищают поверхности от масла, продуктов износа и различных отложений. После этого валы поступают на дефектацию, в процессе которой происходит их сортировка. Валы сортируются на три группы:

- валы, не подлежащие ремонту и идущие в брак;
- валы, пригодные к дальнейшей эксплуатации без ремонта. Они направляются на участок комплектации;
- валы изношенные, подлежащие ремонту» [9].

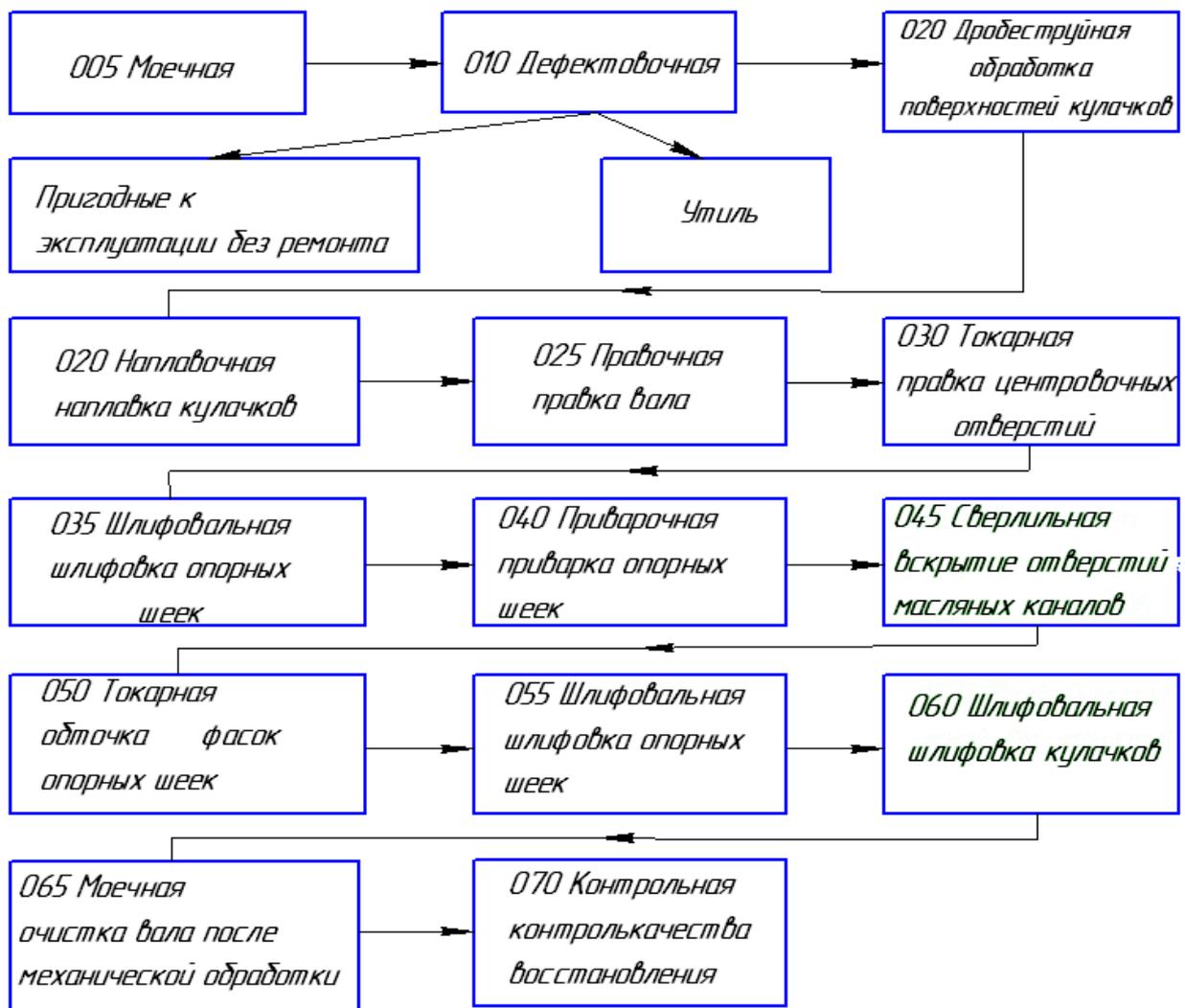


Рисунок 8 – Схема технологического процесса восстановления

После того как все проделанные работы осуществлены распределительный вал направляются на мойку, а потом на контроль качества.

3.3 Расчет режимов и нормирование операций технологического процесса восстановления

Рассмотрим моечную операцию (код 005), суть которой состоит в размещении распределительного вала таким образом, чтобы его масляный канал располагался напротив сопел моечного оборудования и самой промывки масляных каналов в моющем растворе (МС-18 с концентрацией 10г/л соли, Лабомид-101 с концентрацией 20г/л). Предлагается использовать моечную машину ОМ-3600-ГОСНИТИ. Температура раствора должна быть в пределах 75-85°C при давлении моющей жидкости 0,5-0,6 МПа или температура 65-75°C при давлении моющей жидкости 0,6-0,75 МПа.

«Нормы времени определяются по формуле (13):

$$T_H = \frac{T_{ум} + T_{нз}}{n}, \quad (13)$$

где $T_{ум}$ – штучное время, равное 10 мин;

$T_{нз}$ – подготовительно-заключительное время, равно 20 мин;

n – количество одновременно подлежащих мойке деталей, 10 шт.»

[15].

$$T_H = \frac{10 + 20}{10} = 12 \text{ мин.}$$

Рассмотрим дефектовочную операцию (код 010), в которую входят операции по установке операции: установить вал на стенд, контроль геометрических предельно допустимых размеров: для опорных шеек диаметр должен составлять 53,70 мм; высота кулачков – 44,20 мм; биение не должно превышать 0,05 мм.

При дефектовке предлагается применять стенд для комплексного контроля качества ОРГ-1468-01-090А, а также набор инструментов:

- микрометр,
- скобы рычажные,
- пробки,
- штангенциркуль,
- индикатор,
- штатив Ш-П В,
- верстак слесарный.

Нормы времени [4]: штучное время – 3 мин, подготовительно-заключительное время – 0,5 мин, нормированное время 3,5 мин.

Дробеструйная операция (код 015) заключается в закреплении вала на установке для обработки поверхности кулачков струей абразива. В качестве оборудования применяется установка струйной обработки 026-7 Ремдеталь.

Предлагается применять:

- фильтр-масловлагоотделитель,
- приспособление для установки вала в струйной камере.

Нормы времени [4]: штучное время – 15 мин, подготовительно-заключительное время – 6 мин, нормированное время – 21 мин.

При проведении наплавочной операции (код 020) необходимо закрепить вал на установке и произвести наплавку рабочей части профиля кулачков порошком ПР-Х5 на посту газопорошковой.

В качестве приспособлений и инструментов необходимо применять шланги кислородные тип ВН12 ГОСТ 9359-80 и шланги пропановые ГОСТ 9359-75.

Требуемое качество наплавки достигается за счет соблюдения рекомендуемого режима, при котором необходимо:

- «разогреть поверхность кулачков пламенем до 400 °С при расходе кислорода – от 0,4 до 0,45 м³/ч, расходе пропана – от 0,2 до 0,23 м³/ч, давлении кислорода – от 0,4 до 0,45 МПа, давлении пропана – 0,06 МПа;

- нанести тонкий слой порошка на поверхность;
- нагреть поверхность рабочей части профиля кулачка пламенем до температуры от 700 до 750 °С;
- наплавить порошком поверхность рабочей части профиля кулачков (периодическая подача порошка в зону наплавки с одновременным оплавлением), длительность наплавки от 15 до 20 мин, оплавления от 10 до 15 мин, температура наплавки от 980 до 1080 °С, температура оплавления от 1100 до 1250 °С, расход порошка от 2 до 2,5 кг/ч» [16].

«Нормы времени для операции наплавка определяются по формуле:

$$T_o = \frac{60 \cdot G}{\beta} \cdot A \cdot m, \quad (14)$$

где G – масса наплавляемого металла, равна 13,8 г;

β – расход кислорода, равен 445 л/ч;

A – поправочный коэффициент с учетом длины наплавленного слоя, равен 1,17;

m – поправочный коэффициент, зависящий от материала детали, равен 1» [15].

$$T_o = \frac{60 \cdot 13,8}{445} \cdot 1,17 \cdot 1 = 1,15 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время равно 0,6 мин.

«Дополнительное время определяется по формуле:

$$T_{дон} = \frac{T_{он} \cdot k}{100}, \quad (15)$$

где $T_{он}$ – оперативное время, определяется по формуле (16),

k – коэффициент, зависящий от условий наплавки, принимаем равным 8,32» [15].

$$T_{on} = T_o + T_e, \quad (16)$$

$$T_{on} = 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ мин.},$$

$$T_{дон} = \frac{2,1 \cdot 8,32}{100} = 0,2 \text{ мин.}$$

Подготовительно-заключительное время равно 16 мин.

$$T_n = T_o + T_e + T_{дон} + T_{nz}, \quad (17)$$

$$T_n = 1,5 + 0,6 + 0,2 + 16 = 18,3 \text{ мин.}$$

При проведении правочной операции (код 025) осуществляется установка вала на пресс для правки вала ПГ-10М, выдерживая допуск радиального биения цилиндрических поверхностей средних опорных шеек относительно общей оси крайних опорных шеек, которое не должно превышать 0,05 мм.

В качестве приспособлений и инструментов необходимо воспользоваться:

- поверочной плитой 1-2 630x1000 ГОСТ 10905-75,
- индикатором ИЧ кл.1 ГОСТ 10197-70.

Нормы времени [4]: штучное время – 1,63 мин, подготовительно-заключительное время – 3,5 мин, нормированное время – 5,13 мин.

При проведении токарной операции (код 030) осуществляется правка центровых фасок, базируясь на крайние опорные шейки при помощи токарно-винторезного станка 16К20.

В качестве приспособлений и инструментов предлагается использовать:

- люнет неподвижный ГОСТ 15760-70,
- хомут поводковый ГОСТ 14953-80.

Режимы: продольная подача и поперечная подача – ручная.

Нормы времени [4]: 0,08 мин, вспомогательное время – 0,07 мин, дополнительное время – 0,006 мин, подготовительно-заключительное время – 7 мин, нормированное время – 7,16 мин.

При выполнении шлифовальной операции (код 035) осуществляется фиксация вала в станке для дальнейшей шлифовки опорных шеек под контактную приварку порошка, выдерживая размер до диаметра 53,7 мм (плюс, минус 0,05 мм).

В качестве оборудования, приспособлений и инструментов предлагается использовать:

- станок круглошлифовальный,
- круг шлифовальный,
- центры по ГОСТ 13274-80,
- люнет неподвижный по ГОСТ 15760-70,
- карандаш алмазный по ГОСТ 607-80,
- штангенциркуль по ГОСТ 607-80,
- скобы.

Режимы шлифовки: подача составляет 0,02 мм/об, частота вращения – 180 об/мин; скорость обработки – 35 м/мин.

«Нормы времени шлифовальной операции определяются по формуле:

$$T_{ит} = T_{он} + T_{дон}, \quad (18)$$

$$T_{дон} = T_{орг} + T_{мех}, \quad (19)$$

где $T_{орг}$ – время организационного обслуживания, мин;

$T_{мех}$ – время на обслуживание одного рабочего места, мин.

$$T_o = \left(\frac{L \cdot S}{n} \right) \cdot i, \quad (20)$$

где L – длина обрабатываемой поверхности (формула 21).

$$L = l + l_1, \quad (21)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, по которой перемещается инструмент в направлении подачи, равная 40 мм;

l_1 – длина врезания инструмента, равная 30 мм» [15].

$$L = 40 + 30 = 70 \text{ мм},$$

$$T_o = \left(\frac{70 \cdot 0,02}{180} \right) \cdot 0,25 = 4,86 \text{ мин.}$$

$$T_{nz} = 10 \text{ мин}, \quad T_e = 1 \text{ мин}, \quad T_{opz} = 0,47 \text{ мин}, \quad T_{mex} = 9 \text{ мин}, \quad T_{don} = 9,47 \text{ мин},$$

$$T_{on} = 5,86 \text{ мин}, \quad T_{um} = 15,33 \text{ мин}, \quad T_n = 25,33 \text{ мин.}$$

При проведении приварочной операции (код 040) осуществляется установка распределительного вала в патрон установки, поджатие центром, приварка металлической ленты на опорные шейки при помощи электроконтактной установки 011-1-02 «Ремдеталь»

Скорость наплавки определяется по формуле:

$$V = \frac{0,6 \cdot W}{S}, \quad (22)$$

где W – производительность;

S – шаг наплавки;

$$V = \frac{0,6 \cdot 80}{0,5} = 96 \text{ см/мин.}$$

Нормы времени [4] (23, 24):

$$T_o = \frac{F_n}{W}, \quad (23)$$

где F_n – привариваемая площадь, см².

$$T_o = \frac{67,8}{80} = 0,84 \text{ мин},$$

$$T_{ум} = \frac{T_o}{\varphi}, \quad (24)$$

где φ – коэффициент эффективности наплавки, $\varphi = 0,5$.

$$T_{ум} = 1,68 \text{ мин.}, T_{нз} = 5 \text{ мин.}, T_n = 6,68 \text{ мин.}$$

При проведении сверлильной операции (код 045) осуществляю работы по установке распределительного вала в тиски, закреплении и вскрытии отверстия масляных каналов, а также зенковании фаски глубиной $1,5 \times 120^\circ$ с обеих сторон.

Оборудование: станок вертикально-сверлильный 2А 135.

При осуществлении сверления рекомендуется использовать следующие приспособления и инструменты:

- сверло 4-1 по ГОСТ 10902-64,
- тиски по ГОСТ 4045-75,
- зенкер по ГОСТ 14953-80Е,
- пробка по ГОСТ 14808-67,
- шлифовальная шкурка по ГОСТ 10054-82,
- паста полировочная №290 ТУ 6-10-1062-72.

Оптимальным режимом обработки является: подача 0,11 мм/об; скорость вращения 750 об/мин; скорость обработки 15 м/с.

«Нормы времени определяется по формуле:

$$T_o = \frac{L \cdot S}{n}, \quad (25)$$

где L – длина сверления, мм;

n – число оборотов сверла, об/мин;

S – подача, мм» [35].

$$T_o = \frac{1,5 \cdot 0,11}{750} = 0,018 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{шт}} = 1,68 \text{ мин.}, T_{\text{дон}} = 0,001 \text{ мин.}, T_{\text{нз}} = 3 \text{ мин.}, T_{\text{шт}} = 4,22 \text{ мин.}$$

При осуществлении токарной операции (код 050) необходимо обточить две фаски размерами 1 мм под углом равным 45° на цилиндрических поверхностях опорных шеек (при этом обеспечить шероховатость Ra 20), подрезать торцы опорных шеек (выдержать допуск торцевого биения поверхности первой опорной шейки относительно общей оси крайних опорных шеек 0,03 мм и обеспечив шероховатость торца Ra 1,25).

В качестве токарного оборудования рекомендуется использовать токарно-винторезный станок 16К20.

При осуществлении токарных работ рекомендуется использовать следующие приспособления и инструменты:

- центры по ГОСТ 13214-79,
- хомутик поводковый по ГОСТ 2578-70,
- люнет неподвижный по ГОСТ 15760-70,
- резец подрезной по ГОСТ 18880-73,
- резец проходной по ГОСТ 18877-73,
- профилограф по ГОСТ 19300-73,
- индикатор,
- плита поверочная по ГОСТ 10905-75.

Нормы времени [4] рассчитываются в соответствии с представленными ранее формулами: $T_o = 0,08$ мин., $T_e = 0,07$ мин., $T_{дон} = 0,0064$ мин., $T_{нз} = 8$ мин., $T_n = 8,16$ мин.

При осуществлении шлифовальной операция (код 055) необходимо установить и закрепить распределительный вал на круглошлифовальном станке ЗМ151 и осуществить шлифовку опорных шеек начисто, выдерживая размер: $54_{-0,146}^{-0,100}$ мм.

При осуществлении шлифовальных работ рекомендуется использовать следующие приспособления и инструменты:

- круг шлифовальный по ГОСТ 2424-83,
- центры по ГОСТ13274-80,
- хомутик поводковый по ГОСТ 488-70,
- люнет неподвижный по ГОСТ 15760-70,
- штангенциркуль по ГОСТ 166-80.

Требуемое качество шлифование достигается при соблюдении, установленных режимов: глубина шлифования – 0,01 мм/об; число проходов – 5 шт.; продольная подача – 24 мм; окружная скорость вала – 20 м/мин.

Частота вращения детали:

$$n = \left(\frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 45,25} \cdot 54 \right) = 118 \text{ об/мин.}$$

Нормы времени [4] определяются по формуле:

$$T_o = \left[\frac{L \cdot i}{n \cdot S} \right] \cdot k, \quad (26)$$

где k – коэффициент, зависящий от чистоты обработки, принимается равным 1,7.

$$T_o = 0,21 \text{ мин.}, \quad T_e = 1 \text{ мин.}, \quad T_{nz} = 10 \text{ мин.}, \quad T_{don} = 9,47 \text{ мин.}$$

$$T_n = 22,36 \text{ мин.}, \quad T_{um} = 10,68 \text{ мин.}, \quad T_n = 22,36 \text{ мин.}$$

При выполнении шлифовальной операции (код 060) необходимо установить и закрепить вал на круглошлифовальном станке 3М151 и осуществить шлифовку кулачков по копиру (необходимо выдержать разность между высотой кулачка и диаметром его цилиндрической поверхности 7,75 мм, высота кулачка должна составлять 44,66 мм, диаметр – 37,5 мм).

При осуществлении шлифовальных работ рекомендуется использовать следующие приспособления и инструменты: приспособление для шлифования кулачковых валов, круг шлифовальный.

Требуемое качество шлифование достигается при соблюдении, установленных режимов: глубина шлифования – 0,04 мм/об, число проходов – 5 шт.; продольная подача – 24 мм; окружная скорость вала – 20 м/мин:

Частота вращения детали определяется следующим образом:

$$n = \left(\frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 45,25} \right) = 140,8 \text{ об/мин.}$$

Нормы времени [4] рассчитываются в соответствии с представленными ранее формулами: $T_o = 0,09$ мин; $T_{nz} = 11$ мин; $T_e = 1$ мин; $T_{opz} = 0,47$ мин; $T_{mex} = 9$ мин; $T_{don} = 9,47$ мин; $T_o = 1,09$ мин; $T_{um} = 10,56$ мин; $T_n = 21,12$ мин.

При осуществлении моечной операции (код 065) необходимо уложить распределительный вал в моечную машину ОМ-3600-ГОСНИТИ и осуществить мойку вала в растворе моющего средства МС-18 (концентрация 10 г/л) и Лабомид-101 (концентрация 20 г/л). Температура раствора должна быть в пределах 75-85 °С при давлении моющей жидкости 0,5-0,6 МПа или температура 65-75 °С при давлении моющей жидкости 0,6-0,75 МПа. Нормы времени [4]: $T_{um} = 10$ мин; $T_{nz} = 20$ мин; $T_n = 12$ мин.

При осуществлении моечных работ рекомендуется использовать следующие приспособления и инструменты: конвейер подвесной, кран подвесной. В заключении необходимо провести контрольные операции (код 070) в которую входят работы по проверке диаметра опорных шеек, радиального биения относительно общей оси крайних опорных шеек при помощи стенда комплексного контроля качества.

При осуществлении работ по контролю восстановительных работ распределительного вала рекомендуется использовать микрометры, скобы, поверочную плиту, приспособление для контроля углового расположения кулачков. Нормы времени [4] рассчитываются в соответствии с представленными ранее формулами: $T_{ум} = 3$ мин; $T_{нз} = 1,5$ мин; $T_{н} = 4,5$ мин.

3.4 Производственная безопасность на технологический процесс восстановления распределительного вала

Обеспечение безопасности человека в его повседневной деятельности, является важной целью, в условиях современного цивилизованного, социально-ориентированного, экономически стабильного мира.

В общем случае термин «безопасность» понимается как система «человек-машина-среда» в работе которой необходимо сохранить условие, при котором возникновение аварий устраняется с некоторой вероятностью.

В мире, особенно в последние годы, наблюдается интенсивный рост опасных процессов. С одной стороны, это опасные природные явления и стихийные бедствия, с другой стороны – техногенные аварии и катастрофы.

За последние полвека число опасных стихийных бедствий увеличилось примерно в три раза, а ущерб от них – десять. При этом следует отметить, что процессы опасных природных явлений во многом связаны с деятельностью человека: деградация природной среды в результате сокращения лесного покрова, выбросов, изменения режимов природной воды, загрязнение воды и так далее.

К пожарной безопасности зданий и сооружений следует относиться со всей ответственностью, при этом требования по пожарной безопасности регулируются сводом правил (СНиП). Свод правил по пожарной безопасности (СНиП) – нормативные документы, в соответствии с которыми производится проектирование противопожарной защиты зданий и сооружений. СНиП о пожарной безопасности представляют собой документ, в котором прописаны правила, которым нужно следовать, начиная от проектирования и заканчивая периодом эксплуатации. Те или иные здания (сооружения) принято классифицировать по двум категориям – конструктивной и функциональной пожарной опасности. Кроме того, все здания категоризируют по огнестойкости. Степень огнестойкости сооружений находится в прямой зависимости от огнестойкости конструкций несущего типа (стен, перекрытий).

Любое здание в зависимости от степени огнестойкости должно быть оборудовано:

- наружными пожарными лестницами,
- системой противодымной защиты,
- противопожарным водопроводом,
- средствами, облегчающими выходы на чердак.

При организации противопожарной безопасности нужно уделять особое внимание системам и средствам предотвращения распространения пожара по всей площади помещений. Существуют определенные требования к использованию тех или иных материалов для облицовки различных поверхностей. Кроме того, в любом здании (сооружении) должна быть размещена сигнализация, а также первичные средства пожаротушения и противопожарные преграды.

Противопожарная безопасность в здании должна быть организована таким образом, чтобы в случае обнаружения возгорания люди могли максимально быстро покинуть помещение. Эвакуационные пути должны быть защищены от опасных факторов пожара, это возможно благодаря

внедрению комплекса конструктивных, технических и инженерных решений. Организация пожарной безопасности в любом здании – обязательная и необходимая мера, к этому процессу следует подойти со всей ответственностью, без экономии средств на обустройство систем противопожарной защиты и средств пожаротушения.

Каждый руководитель объекта должен осуществлять необходимый комплекс мер по предотвращению пожаров на объекте на постоянной основе.

Каждый работник обязан:

- «знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей» [27].

Перечень мероприятий по пожарной безопасности при техническом обслуживании подвески автомобиля представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень мероприятий, направленных на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при техническом обслуживании подвески автомобиля

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись» [29].

Продолжение таблицы 7

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
«Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования»	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ» [29].
«Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ» [29].
«Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143-2009, ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах» [29].
«Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности» [32].

Выводы по разделу выпускной квалификационной работы.

В данном разделе был подобран оптимальный способ восстановления распределительного вала, рассмотрена схема технологического процесса и проведены расчет и нормирование операций технологического процесс – восстановление распределительного вали

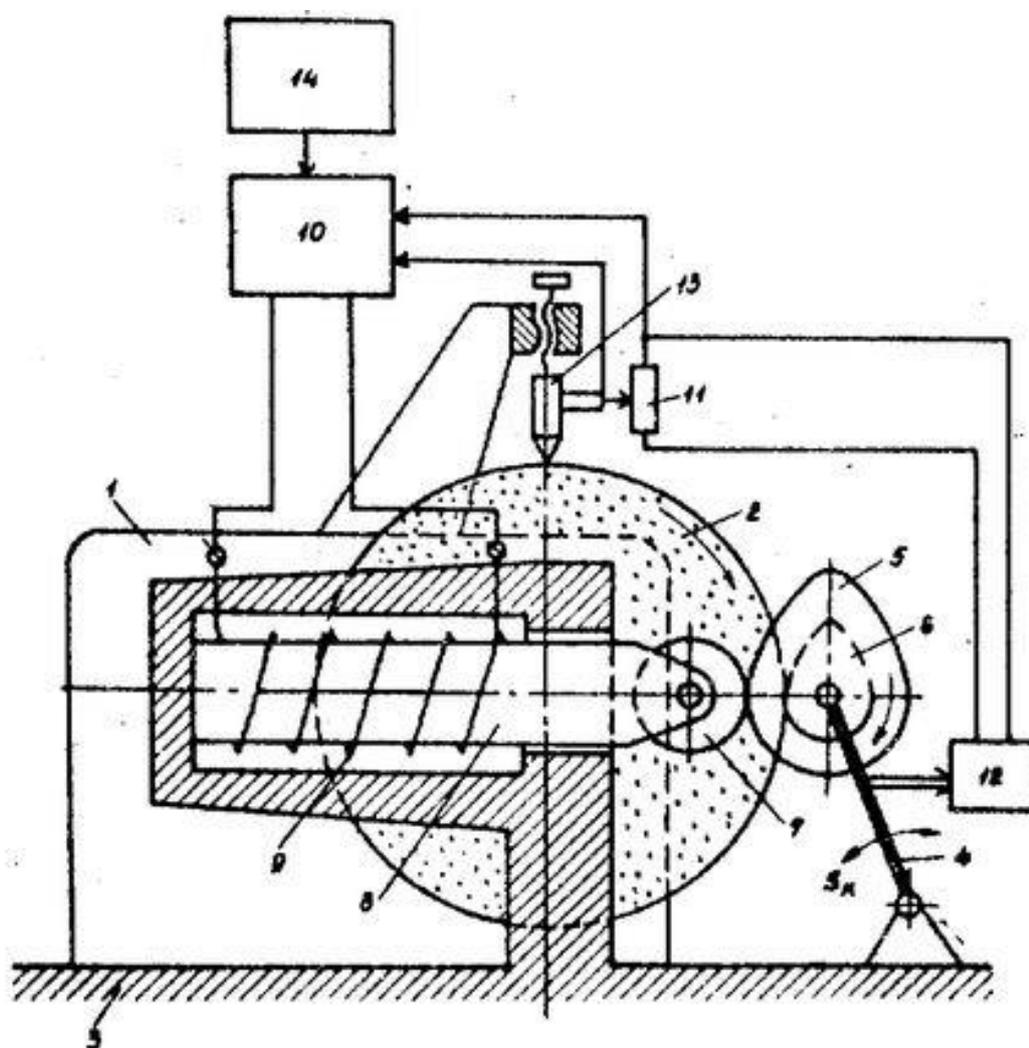
Нормы времени, полученные в результате расчетов раздела 3 будут использоваться при дальнейшем описании выпускной квалификационной работе, в том числе при оценке ожидаемого экономического эффекта от восстановления распределительных валов.

Дополнительно был рассмотрен вопрос производственной безопасности восстановления распределительных валов.

4 Разработка приспособления для шлифования кулачковых валов автотракторных двигателей

4.1 Анализ существующих конструкций

Устройство для шлифования некруглых деталей (АС №808251), представленное на рисунке 9, относится к металлообработке, в частности к копировальным станкам, предназначенным для шлифования некруглых деталей.



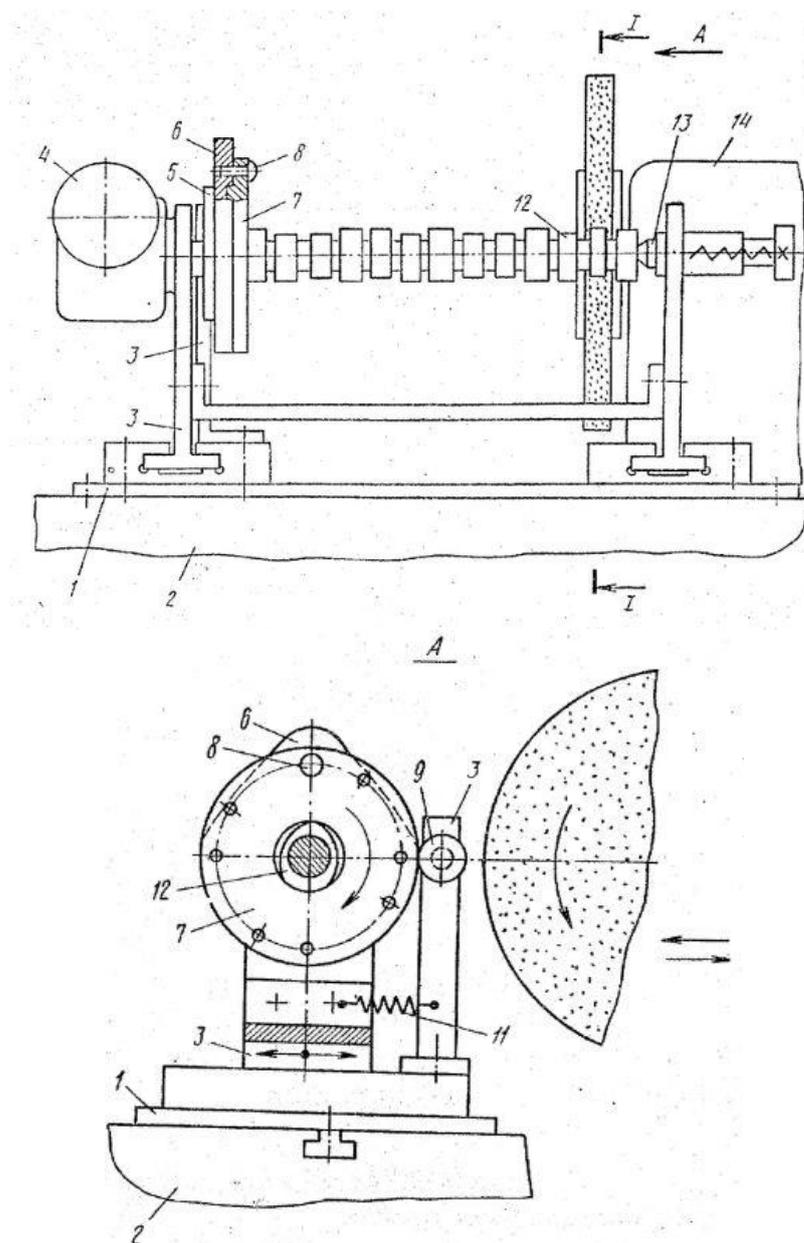
1 – инструментальная бабка; 2 – шлифовальный круг; 3 – станина; 4 суппорт копировальный; 5 – копир; 6 – деталь обрабатываемая; 7 – ролик копирный; 8 – стержень; 9 – проводник; 10 – тиристорный выпрямитель; 11 – потенциометр; 12 – преобразователь; 13 – карандаш; 14 – блок переменного напряжения

Рисунок 9 – Устройство для шлифования некруглых деталей

«Устройство работает следующим образом. При вращении копира 5 и детали 6 копировальный суппорт совершает формообразующее движение, которое воздействует на вход функционального преобразователя 12, в результате чего на его выходе появляется сигнал, пропорциональный погрешности копирования при радиусе инструмента, максимально отличающемся от расчетного. В качестве функционального преобразователя 12 может быть использован, например, функциональный потенциометр, однако для повышения надежности и долговечности устройства целесообразно применение бесконтактных функциональных преобразователей. Положение карандаша 13 механизма правки и связанного с ним движка потенциометра 11 однозначно определяет текущий радиус шлифовального круга 2. Следовательно, на управляющий вход тиристорного выпрямителя 10 поступает сигнал, пропорциональный погрешности копирования при текущем радиусе инструмента в функции от формообразующего движения. Таким образом, напряжение на выходе тиристорного выпрямителя 10, а следовательно, и магнитное поле, действующее на стержень В, изменяется по закону изменения погрешности копирования по профилю детали при текущем радиусе инструмента. Под действием магнитного поля длина стержня 8 изменяется, обеспечивая перемещение ролика 7, компенсирующее погрешность обработки, вызванную износом шлифовального круга 2.

Достоинство изобретения: компенсация погрешности обработки, вызванной износом шлифовального круга. За счет того, что копировальный ролик установлен на конце стержня, изготовленного из материала обладающего магнитостационарными свойствами, а другой конец стержня жестко закреплен на станине, причем на стержне навит проводник, подключенный к источнику постоянного напряжения, управляющий вход которого соединен с датчиком перемещения карандаша механизма правки и функциональным преобразователем перемещения копировального суппорта» [23].

Устройство для обработки кулачковых валов (АС №1821335), представленное на рисунке 10, относится к металлообработке и может быть использована при шлифовании кулачков распределительных валов двигателей внутреннего сгорания и других деталей на универсальном круглошлифовальном станке.



- 1 – плита; 2 – стол; 3 – суппорт; 4 – электрический двигатель; 5 – планшайба; 6 – копир; 7 – делительный диск; 8 – штифт; 9 – ролик копировальный; 10 – стойка неподвижная; 11 – пружина; 12 – деталь обрабатываемая; 13 – центр вращающийся; 14 – бабка шлифовальная

Рисунок 10 – Устройство для обработки кулачковых валов

Устройство работает следующим образом.

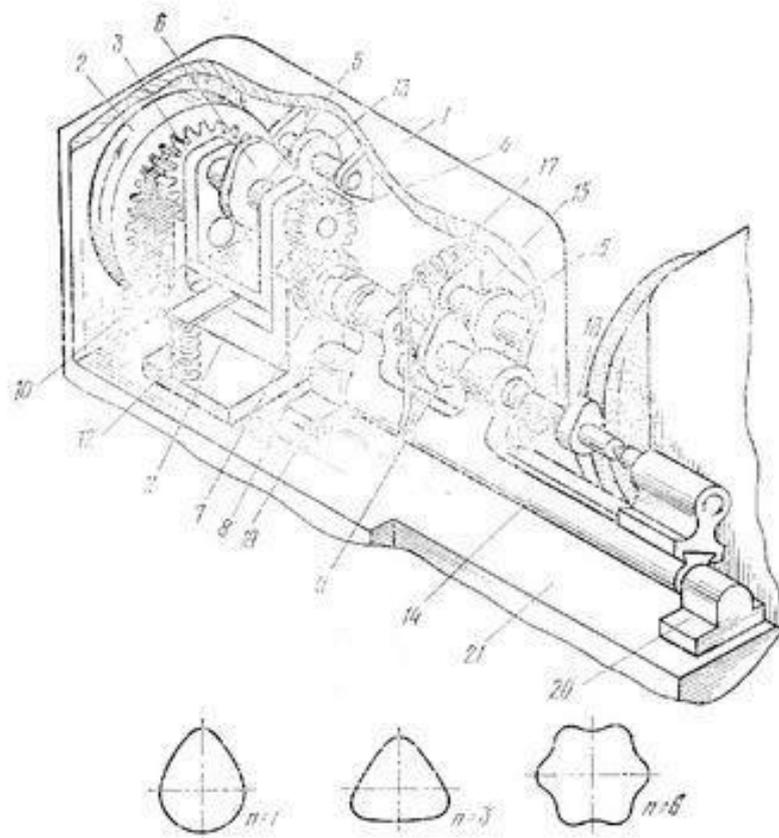
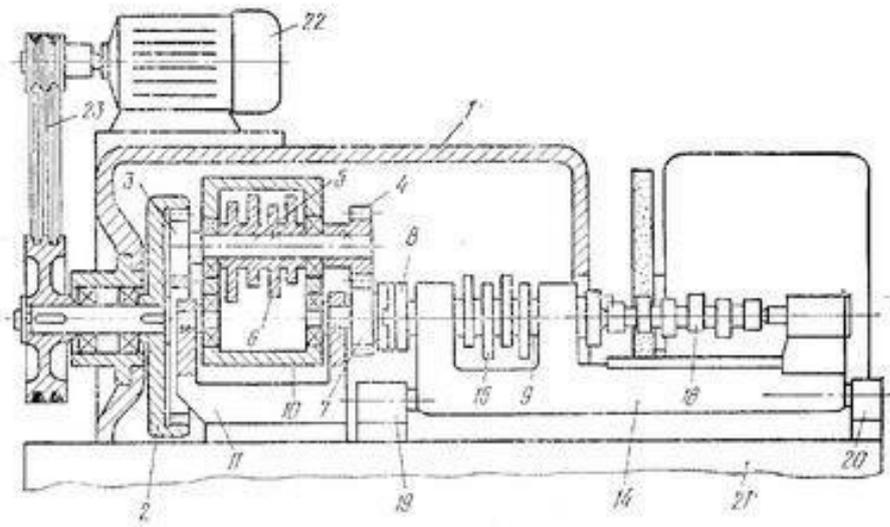
«Обрабатываемая деталь 12 прижимается вращающимся центром 13 к делительному диску 7, соединенному с планшайбой 5 через копира 6 штифтом 8. При вращении электродвигателем 4 копира 6, контактирующего с копирующим роликом 9 неподвижной относительно плиты 1 стойки 10 обрабатываемая деталь (распределитель) совершает вращательные движения и возвратно- поступательные движения относительно неподвижной стойки 10 согласно профилю копира 6. С помощью шлифкруга шлифовальной бабки 14 производится шлифование кулачка распределительного вала. Для шлифования следующего кулачка достаточно совместить длительный диск 7 относительно копира 6 и зафиксировать штифтом 8, переместив устройство вместе со столом 2 универсального круглошлифовального станка к соответствующему кулачку и произвести шлифовку. Применение делительного диска позволяет использовать только один копира, исключив необходимость применения серии копира. Предлагаемое устройство позволяет использовать для обработки кулачковых валов любой круглошлифовальный станок, не нарушая его универсальности, и может быть использовано в любом ремонтном производстве автопредприятия.

Достоинством изобретения является простота конструкции.

Недостаток: необходимо изменять конструкцию передней и задней бабки шлифовального станка» [13].

«Устройство для шлифования кулачковых валов (АС№810452), представленное на рисунке 11, относится к металлообработке и может быть использована в копируемых станках, предназначенных для обработки фасонных деталей типа кулачков распределительных валов двигателей внутреннего сгорания.

Недостатками этого изобретения являются сложность конструкции и необходимость изменения конструкции передней бабки шлифовального станка» [33].

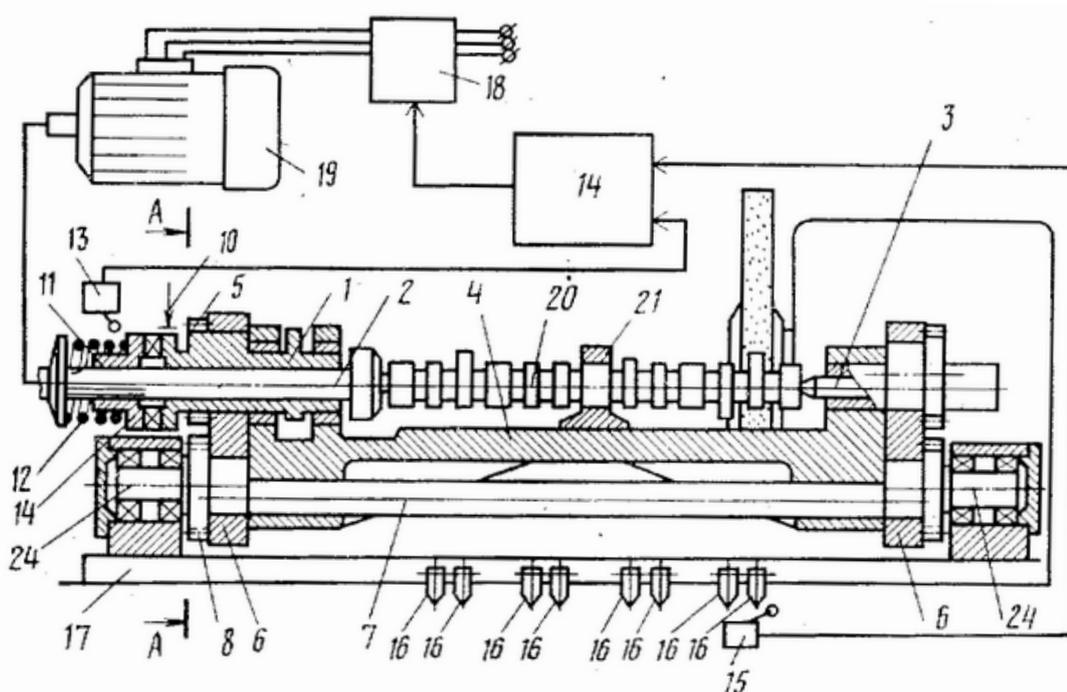


- 1 – бабка передняя; 2 – шестерня ведущая; 3, 4 – сателлиты; 5 – вал; 6 – кулачок задающий; 7 – шестерня ведомая; 8 – муфта крестовая; 9 – шпиндель; 10 – водила; 11 – корпус; 12 – пружина; 13 – ролик; 14 – суппорт копировальный; 15 – копир; 16 – ролик; 17 – пружина; 18 – деталь обрабатываемая; 19, 20 – опоры; 21 – станок; 22 – двигатель приводной; 23 – передача

Рисунок 11 – Устройство для шлифования кулачковых валов (АС №810452)

Устройство для обработки кулачковых валов (АС№1093485), представленное на рисунке 12, относится к станкостроению и может быть использовано для обработки кулачков распределительных валов двигателей внутреннего сгорания и других аналогичных деталей.

«Устройство работает следующим образом. При обработке первого кулачка детали 20 угловое положение копира 23 соответствует угловому положению этого кулачка, а направление всех кривошипов параллельно линии, соединяющей оптимальный центр вращения с конструктивным центром. Включается вращение двигателя 19 в рабочем направлении, соответствующем, например, встречному шлифованию кулачка. Наклон зубьев муфты выбран так, что она передает движение на вал 1 и зубчатую передачу 5, 9 и 8» [13].



- 1 – вал; 2 – вал; 3 – центр задний; 4 – суппорт промежуточный; 5 – колесо зубчатое;
 6 – суппорт качающийся; 7 – вал; 8 – колесо зубчатое; 9 – шестерня паразитная;
 10 – тормоз; 11 – полумуфта подвижная; 12 – пружина; 13 – выключатель конечный;
 14 – устройство логическое программное; 15 – выключатель конечный; 16 – кулачки;
 17 – стол; 18 – коммутатор; 19 – электрический двигатель; 20 – деталь; 21 – люнет;
 22 – пружина; 23 – копир; 24 – ролик

Рисунок 12 – Устройство для обработки кулачковых валов (АС№1093485)

Приспособление для шлифования кулачковых валов (рисунок 13) состоит из неподвижного корпуса 5, в котором на подшипниковых опорах 7 установлен промежуточный вал и из подвижного корпуса 6 в котором на подшипниковых опорах установлен выходной вал. Корпус 6 при работе совершает плоскопараллельное движение относительно оси промежуточного вала.

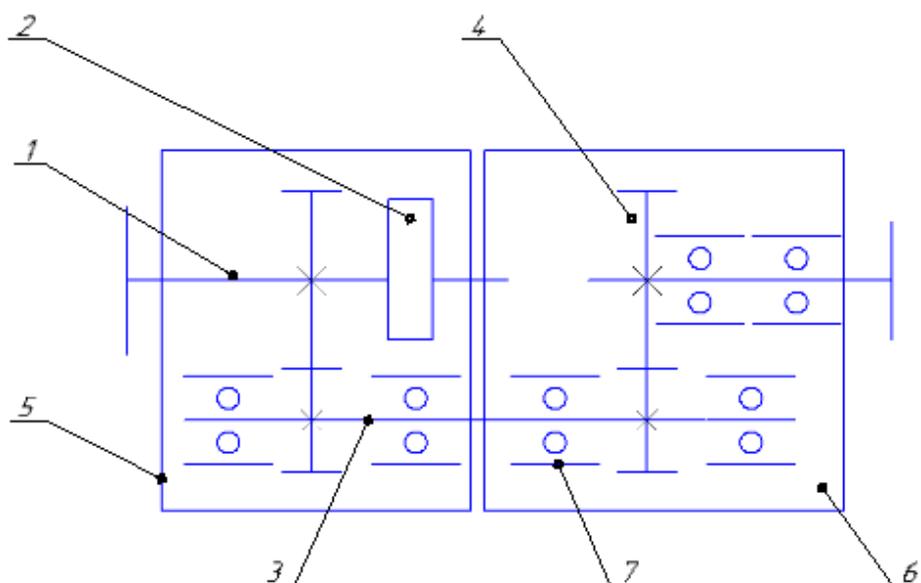


Рисунок 13 – Схема приспособления для шлифования кулачковых валов

При обработке кулачка детали угловое положение копира 2 соответствует угловому положению этого кулачка. При включении вращения шпинделя круглошлифовального станка крутящий момент передается от шпинделя к распределительному валу через зубчатое зацепление. В момент когда копирующий ролик набегает на копира то корпус 6 начинает отклоняться на высоту этого кулачка.

4.2 Расчет элементов приспособления

4.2.1 Расчет диаметра вала

Вал нагружен усилием от шлифовального круга:

«Усилие P на вал (рисунок 14) возникающий при шлифовании:

$$N_k = C_N \cdot s_{\text{прод}} \cdot v_D^{0,7} \cdot s_{\text{поп}}^{0,7}, \quad (27)$$

где $s_{\text{прод}}$ – продольная подача, мм/об;

v_D – окружная скорость детали, м/мин, $v_D = 20 \dots 60$;

$s_{\text{поп}}$ – поперечная подача, мм/дв.ход, $s_{\text{поп}} = 0,01$ мм/дв.ход.» [29].

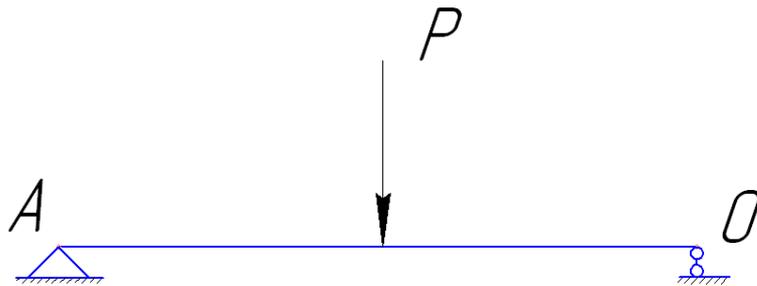


Рисунок 14 – Схема нагрузки вала при шлифовании

«Определяем коэффициент для наружного шлифования:

$$C_N = C_0 \cdot D_D^n \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3. \quad (28)$$

где C_0 – коэффициент для наружного шлифования с продольной подачей, $C_0 = 0,029$;

D_D^n – диаметр детали, мм;

n – показатель степени (для наружного шлифования $n = 0,2$);

k_1 – поправочный коэффициент на твердость круга, $k_1 = 1$;

k_2 – коэффициент на ширину круга ($k_2 = 0,8$ при 26...40 мм);

k_3 – поправочный коэффициент на материал (закаленная сталь $k_3 = 1,1$)» [30].

$$C_N = 0,0184 \cdot 54 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 0,874.$$

Определяем величину продольной подачи (29):

$$S_{\text{прод}} = (0,2 \dots 0,4) \cdot B, \quad (29)$$

где B – ширина шлифовального круга (30мм).

$$S_{\text{прод}} = 9 \text{ мм.}$$

$$N_k = 0,874 \cdot 9 \cdot 40^{0,7} \cdot 0,01^{0,7} = 4,1 \text{ кВт.}$$

Зная мощность резания можно определить касательную составляющую силы резания (30):

$$P_z = \frac{1000 \cdot N_k}{v_k}. \quad (30)$$

где v_k – окружная скорость шлифовального круга, м/с, $v_k = 35$ м/с.

$$P_z = \frac{1000 \cdot 4,1}{35} = 117,1 \text{ кН.}$$

Сила резания P (рисунок 15), действующая на обрабатываемую деталь, может быть разложена на три составляющие: касательную P_z , радиальную P_y и осевую P_x .

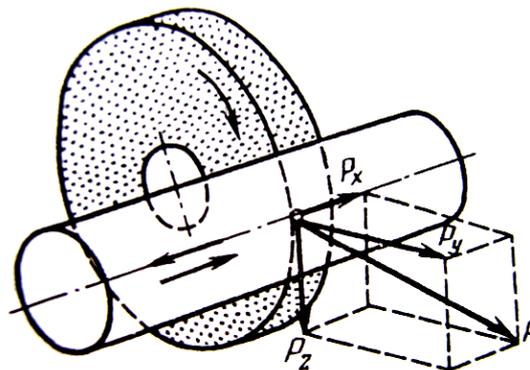


Рисунок 15 – Сила резания, действующая на обрабатываемую деталь

При шлифовании радиальная сила, определяется по формуле (31):

$$P_y = (1,5 \dots 3) \cdot P_z. \quad (31)$$

$$P_y = 3 \cdot 117,1 = 351,3 \text{ кН.}$$

Максимальное усилие на вал, определяется по формуле (32):

$$P = \sqrt{P_z^2 + P_y^2}, \quad (32)$$

$$P = \sqrt{117,1^2 + 351,3^2} = 370,3 \text{ кН.}$$

Проектный расчет вала, выполняется по формуле (33):

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M}{[\tau]}}, \quad (33)$$

где M – момент, действующий на вал, Нм

$[\tau]$ – допустимое, напряжения (для стали 45 $[\tau]=85$ МПа).

$$d = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 370,3 \cdot 9}{85}} = 19,67 \text{ мм.}$$

Принимаем $d = 20$ мм.

4.2.2 Расчет изменения угловой скорости при перекатывании зубчатого колеса

Составляем схему для расчета изменения угловой скорости при перекатывании зубчатого колеса (рисунок 16).

Известны значения: $OA=55,5$ мм, $w_1=0,3 \dots 1,67 \text{ с}^{-1}$, максимальное отклонение водила $O_1O_2=0,009$ м.

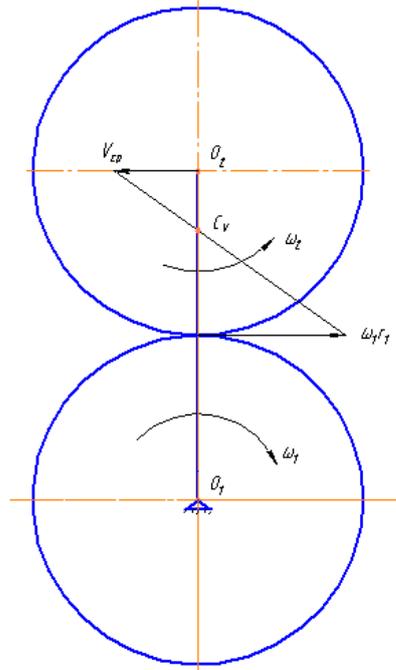


Рисунок 16 – Схема для расчета изменения угловой скорости при перекачивании зубчатого колеса

«Найдем среднюю скорость отклонения водила:

$$V_{cp} = \frac{s}{\tau}, \quad (34)$$

где s – максимальное отклонение водила, м

τ – время отклонения.

$$\tau = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_1}, \quad (35)$$

где ω_1 – угловая скорость зубчатого колеса 1, c^{-1} » [27].

$$\tau = \frac{2 \cdot \pi}{1,67} = 3,8 \text{ c}^{-1},$$

$$V_{cp} = \frac{0,09}{3,8} = 0,024 \text{ м/с}.$$

Найдем мгновенный центр скоростей по уравнению (36):

$$\begin{aligned}\omega_2 &= \frac{V_{cp}}{O_2C_V} = \frac{\omega_1 \cdot r_1}{r_2 - O_2C_V}, & (36) \\ V_{cp} \cdot (r_2 - O_2C_V) &= \omega_1 \cdot r_1 \cdot O_2C_V, \\ V_{cp} \cdot r_2 - V_{cp} \cdot O_2C_V &= \omega_1 \cdot r_1 \cdot O_2C_V, \\ V_{cp} \cdot r_2 &= O_2C_V \cdot (\omega_1 \cdot r_1 + V_{cp}), \\ O_2C_V &= \frac{V_{cp} \cdot r_2}{\omega_1 \cdot r_1 + V_{cp}}, \\ O_2C_V &= \frac{0,024 \cdot 0,0278}{1,67 \cdot 0,0278 + 0,024} = 0,0095 \text{ м}, \\ \omega_2 &= \frac{0,024}{0,0095} = 2,5 \text{ м/с}.\end{aligned}$$

Найдем максимальное отклонение от заданного профиля (37):

$$\begin{aligned}\Delta &= \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_1}, & (37) \\ \Delta &= \frac{2,5 - 1,67}{2,5} = 0,3.\end{aligned}$$

Выводы по разделу.

В ходе выполнения конструкторской части работы был проведен обзор конструктивных особенностей приспособления для восстановления распределительных волов, анализ достоинств и недостатков каждого приспособления и предложена разработка собственного приспособления и расчет его основных (нагруженных) элементов.

5 Оценка ожидаемого экономического эффекта

5.1 Расчет себестоимости наплавочных работ

Полная себестоимость восстановления распределительного вала газопорошковой наплавкой и электроконтактной приваркой металлической ленты определяется по формуле (38):

$$C_n = C_m + Z_n + C_{накл}, \quad (38)$$

где C_m – стоимость материалов, р.;

Z_n – заработная плата производственных рабочих, р.;

$C_{накл}$ – накладные расходы, р. [39]

Стоимость материалов определяется по формуле (39):

$$C_m = C_{проп} + C_{пор} + C_{кисл} + C_{ленты}, \quad (39)$$

где $C_{проп}$ – стоимость пропана, р.;

$C_{пор}$ – стоимость порошка, р.;

$C_{кисл}$ – стоимость кислорода, р.;

$C_{ленты}$ – стоимость израсходованной ленты, р.

Стоимость израсходованного пропана определяется по формуле (40):

$$C_{проп} = q_{проп} \cdot t_{осн} \cdot Ц_{проп} \cdot k, \quad (40)$$

где $q_{проп}$ – расход пропана, м³/ч, $q_{проп} = 35$ м³/ч;

$t_{осн}$ – основное время наплавки, мин, $t_{осн} = 0,3$ ч.;

$Ц_{проп}$ – цена пропана, р./м³, $Ц_{проп} = 16$ р./л.;

k – коэффициент, учитывающий потери газа, $k = 1,0$.

$$C_{\text{прон}} = 35 \cdot 0,3 \cdot 16 \cdot 1 = 168 \text{ р.}$$

Стоимость израсходованного кислорода определяется по формуле:

$$C_{\text{кисл}} = q_{\text{кисл}} \cdot t_{\text{осн}} \cdot \Pi_{\text{кисл}} \cdot k, \quad (41)$$

где $q_{\text{кисл}}$ – расход кислорода, м³/ч, $q_{\text{кисл}} = 70 \text{ м}^3/\text{ч}$;

$t_{\text{осн}}$ – основное время наплавки, мин, $t_{\text{осн}} = 0,3 \text{ ч.}$;

$\Pi_{\text{кисл}}$ – цена кислорода, р./ м³, $\Pi_{\text{кисл}} = 19,5 \text{ р./л.}$;

k – коэффициент, учитывающий потери газа, $k = 1,0$.

$$C_{\text{кисл}} = 70 \cdot 0,3 \cdot 19,5 \cdot 1 = 409,5 \text{ р.}$$

Стоимость израсходованного порошка определяется по формуле (42):

$$C_{\text{пор}} = q_{\text{пор}} \cdot t_{\text{осн}} \cdot \Pi_{\text{пор}} \cdot k, \quad (42)$$

где $q_{\text{пор}}$ – расход порошка, кг/ч, $q_{\text{пор}} = 2,5 \text{ кг/ч}$;

$t_{\text{осн}}$ – основное время наплавки, мин, $t_{\text{осн}} = 0,3 \text{ ч.}$;

$\Pi_{\text{пор}}$ – цена порошка, р./ м³, $\Pi_{\text{пор}} = 300 \text{ р./кг}$;

k – коэффициент, учитывающий потери порошка, $k = 1,0$.

$$C_{\text{пор}} = 2,5 \cdot 0,3 \cdot 300 \cdot 1 = 225 \text{ р.}$$

«Стоимость израсходованной металлической ленты определяется по формуле:

$$C_{\text{ленты}} = l_{\text{ленты}} \cdot n \cdot \Pi_{\text{ленты}}, \quad (43)$$

где $l_{\text{ленты}}$ – необходимая длина на 1 опорную шейку, м, $l_{\text{ленты}} = 0,16 \text{ м.}$

n – количество опорных шеек, шт, $n = 5$ шт;

$\Pi_{\text{ленты}}$ – цена ленты за 1 пог. м, $\Pi_{\text{ленты}} = 4,5$ р.» [24]

$$C_{\text{ленты}} = 0,16 \cdot 5 \cdot 4,5 = 3,6 \text{ р.}$$

$$C_{\text{м}} = 168 + 409,5 + 225 + 3,6 = 806,1 \text{ р.}$$

Основная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле:

$$C_{\text{пр}} = \tau_{\text{ср}} \cdot C_{\text{ч}}, \quad (44)$$

где « $\tau_{\text{ср}}$ – средняя трудоемкость изготовления отдельных оригинальных деталей, принимаем 3,34» [24];

$C_{\text{ч}}$ – средняя часовая ставка рабочих, исчисляемая по 3 разряду, принимаем 55 р.

$$C_{\text{пр}} = 3,34 \cdot 55 = 183,5 \text{ р.}$$

Дополнительная заработная плата производственных рабочих определяется по формуле:

$$C_{\text{дон}} = (5...12) \cdot C_{\text{пр}} / 100, \quad (45)$$

$$C_{\text{дон}} = 12 \cdot 183,5 / 100 = 22,02 \text{ р.}$$

Начисления по социальному страхованию определяются по формуле:

$$C_{\text{соц}} = 0,26 \cdot (C_{\text{пр}} + C_{\text{дон}}), \quad (46)$$

$$C_{\text{соц}} = 0,26 \cdot (183,5 + 22,02) = 53,43 \text{ р.}$$

Полная заработная плата на наплавку распределительного вала определяется по формуле:

$$Z_n^H = C_{np} + C_{доп} + C_{соц}, \quad (47)$$

$$Z_n^H = 183,5 + 22,02 + 53,43 = 258,95 \text{ р.}$$

Основная заработная плата на шлифовку определяется по формуле:

$$Z_n^u = 2 \cdot Z_n^H, \quad (48)$$

$$Z_n^u = 2 \cdot 258,95 = 517,9 \text{ р.}$$

«Накладные расходы определяются по формуле:

$$C_{накл} = R_{накл} \cdot Z_n^i, \quad (49)$$

где $R_{накл}$ – процент накладных расходов, $R_{накл} = 150\%$;

Z_n^i – приведенная заработная плата» [24]

$$Z_n^i = Z_n^H + Z_n^u, \quad (50)$$

$$Z_n^i = 258,95 + 517,9 = 776,95 \text{ р.}$$

$$C_{накл} = \frac{150 \cdot 776,95}{100} = 1165,42 \text{ р.}$$

По формуле (37) определяем полную себестоимость восстановления одного распределительного вала с учетом накладных расходов и заносим в таблицу 8.

$$C_n = 806,1 + 776,95 + 1165,42 = 2230,47 \text{ р.}$$

Таблица 8 – Составляющие себестоимости операции восстановления распределительного вала

Наименование	Единица измерения	Сумма, руб.
Материалы	р.	806,1
Заработная плата	р.	776,95
Накладные	р.	1165,42
Полная себестоимость	р.	2230,47

Определяем цену единицы восстановленного распределительного вала:

$$C_{\text{восст}} = C_n + H_{\text{пр}} \cdot C_n, \quad (51)$$

где $H_{\text{пр}}$ – норма прибыли, 12% от себестоимости

$$C_{\text{восст}} = 2230,47 + 0,12 \cdot 2230,47 = 2498,12 \text{ р.}$$

5.2 Технико-экономический анализ

Для расчета условно примем годовую производственную программу по восстановлению распределительных валов в количестве 247 шт. Данное количество принято исходя из среднего количества рабочих дней в году и условия восстановления одного распределительного вала в сутки на начальном этапе организации производства.

Годовой выпуск продукции определяется по формуле (52):

$$ВП = C_{\text{восст}} \cdot N, \quad (52)$$

$$ВП = 2498,12 \cdot 247 = 617035,64 \text{ р.}$$

Стоимость основных средств участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей определяется по формуле (53):

$$C_{осн.сп} = C_{уч} + C_{оборуд} \quad (53)$$

где $C_{уч}$ – стоимость строения участка, р.;

$C_{оборуд}$ – стоимость оборудования, р.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики средняя стоимость строительства 1 м^2 нежилого производственного помещения составляет 25000 р.

На рисунке 17 показана предполагаемая планировка участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей.

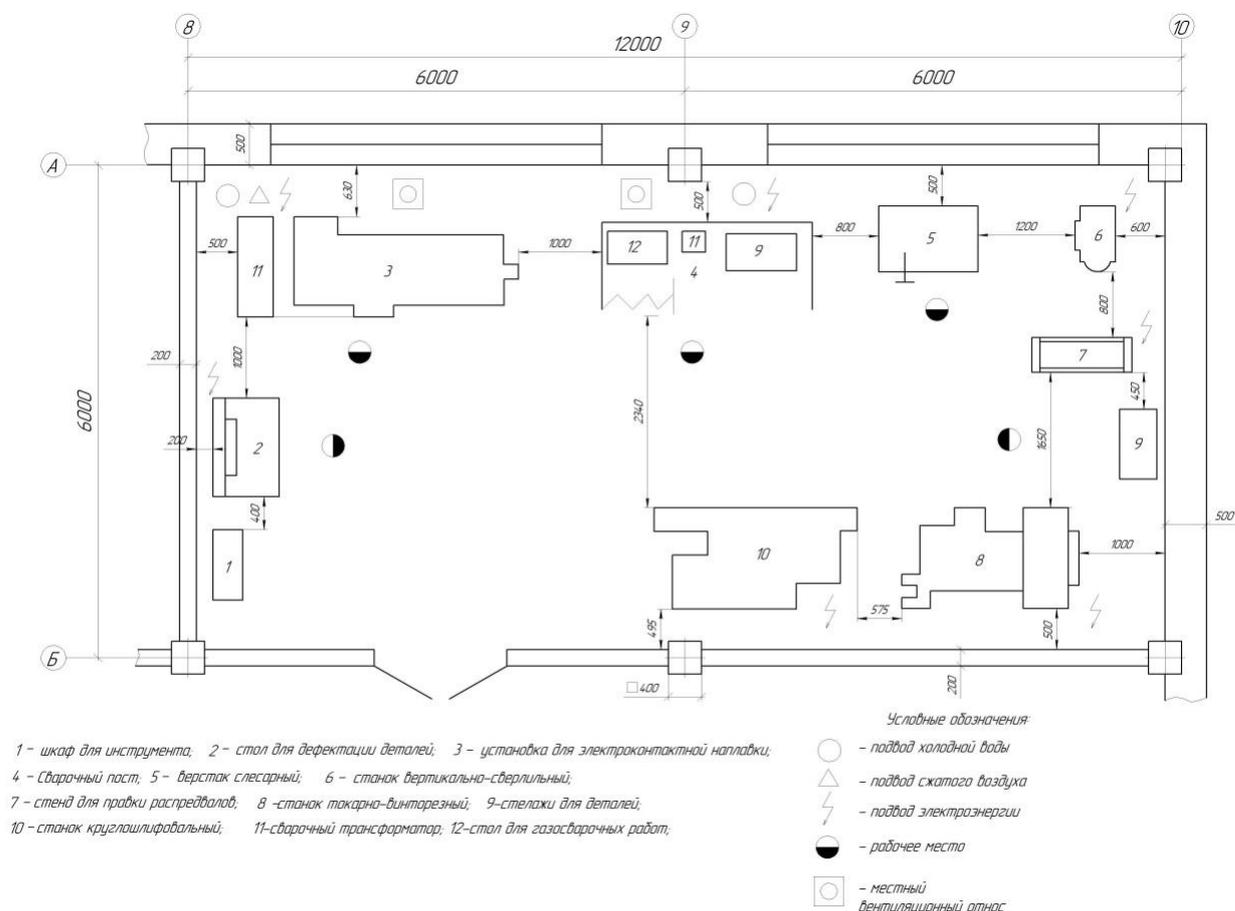


Рисунок 17 – План участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей

Площадь участка составляет 72 м^2 . Стоимость возведения участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей составит 1800000 р.

Ориентировочная стоимость оборудования, применяемого на участке по восстановлению деталей автотракторных двигателей с учетом самостоятельного изготовления приспособления для шлифования кулачковых валов автотракторных двигателей составляет 1050000 рублей.

$$C_{осн.сп} = 1800000 + 1050000 = 2850000 \text{ р.}$$

Для обеспечения деятельности участка деталей автотракторных двигателей необходимо 5 высококвалифицированных производственных рабочих: 3 рабочих с разрядом не ниже 3, 1 рабочий с 4 разрядом и 1 рабочий с 5 разрядом.

Фондовооруженность определяется по формуле (54):

$$\Phi_{воор} = \frac{C_{осн.сп}}{n}, \quad (54)$$

$$\Phi_{воор} = \frac{2850000}{5} = 570000 \text{ р.}$$

Производительность труда определяется по формуле (55):

$$\Pi_m = \frac{ВП}{n}, \quad (55)$$

$$\Pi_m = \frac{617035,64}{5} = 123407,12 \text{ р./чел.}$$

Фондоотдача определяется по формуле:

$$\Phi_o = \frac{ВП}{C_{оснсп}}, \quad (56)$$

$$\Phi_o = \frac{617035,64}{2850000} = 0,22 \text{ р.}$$

Фондоемкость определяется по формуле:

$$\Phi_{em} = \frac{1}{\Phi_o}, \quad (57)$$

$$\Phi_{em} = \frac{1}{0,22} = 4,54 \text{ р.}$$

Прибыль определяется по формуле (58):

$$\Pi = (C_{восст} - C_n) \cdot N, \quad (58)$$

$$\Pi = (2498,16 - 2230,47) \cdot 247 = 66\,119,43 \text{ р.}$$

Уровень рентабельности определяется по формуле (59):

$$R = \frac{(C_{восст} - C_n)}{C_n} \cdot 100\%, \quad (59)$$

$$R = \frac{(2498,16 - 2230,47)}{2230,47} \cdot 100\% = 12\%.$$

«Годовой экономический эффект определяется по формуле (60):

$$\mathcal{E}_{годэф} = (C_{новой} - (p \cdot C_n + C_{ик} + E_H \cdot C_{уч})) \cdot N, \quad (60)$$

где $C_{новой}$ – цена новой детали, р., средняя стоимость нового распределительного вала 7500 р.;

p – коэффициент восстановления ресурса, $p = 0,9$;

C_n – себестоимость восстановления детали, р.;

E_H – нормативный коэффициент капитальных вложений» [39].

$$\mathcal{E}_{годэф} = (7500 - (0,9 \cdot 2230,47) + 1165,42 + 0,15 \cdot 1800000 / 247) \cdot 247 = 1914525,25 \text{ р.}$$

Годовая экономия определяется по формуле (61):

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{год} &= (C_{\text{новой}} - C_n) \cdot N, \\ \mathcal{E}_{год} &= (7500 - 2230,47) \cdot 247 = 1301573,91 \text{ р.}\end{aligned}\tag{61}$$

Срок окупаемости определяется по формуле (62):

$$\begin{aligned}T &= \frac{C_{\text{осн ср}}}{\mathcal{E}_{год}}, \\ T &= \frac{2850000}{1301573,91} = 2,2 \text{ г.}\end{aligned}\tag{62}$$

Выводы по 5 разделу выпускной квалификационной работы.

Проведенный технико-экономический анализ показал, что организация участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей является прибыльным.

Годовой экономический эффект от организации участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей составляет 1914525,25 р., срок окупаемости составляет 2,2 года.

Заключение

В соответствии с поставленной целью по выполнению магистерской работы была предложена технология восстановления опорных шеек и кулачков распределительных валов, соответственно электроконтактной приваркой и газопорошковой наплавкой. Для комплексного контроля восстановленных распределительных валов, а также выполнения их шлифования разработана конструкция приспособления.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- рассмотрена и изучена литература по конструкциям распределительных валов двигателей внутреннего сгорания, проанализированы дефекты, виды износа и неисправности, возникающие в процессе их эксплуатации;
- проведен обзор современных методов восстановления распределительных валов ДВС;
- предложен технологический процесс восстановления опорных шеек и кулачков распределительных валов двигателя внутреннего сгорания;
- проведен обзор конструктивных особенностей приспособления для шлифования кулачковых валов, анализ достоинств и недостатков каждого приспособления и предложена разработка собственного приспособления и расчет его основных (нагруженных) элементов;
- определена экономическая эффективность от внедрения процесса восстановления распределительных валов.

Годовой экономический эффект от организации участка по восстановлению деталей автотракторных двигателей составляет 1914525,25 р., срок окупаемости составляет 2,2 года, что говорит о целесообразности внедрения данных участков в крупные автотранспортные предприятия

Список используемой литературы и используемых источников

1. Ключнев Н. И. Высокопрочный чугун с шаровидным графитом. М., Машгиз., 1963.
2. Кудрявцев И. В. Конструкционная прочность чугуна с шаровидным графитом. М., Машгиз., 1957.
3. Доценко Г. Н. Восстановление чугунных КВ автоматической наплавкой. М., Транспорт., 1970. 56 с.
4. Марковский Е. А. Износостойкость чугунов с шаровидным графитом // Высокопрочный чугун. Киев, 1964.
5. Краснощеков М. М., Пахомов Б. П., Марковский Е. А. Исследование износостойкости КВ методом радиоактивных изотопов // Тракторы и сельхозмашины. 1962. №2.
6. Доценко Г. Н. Износостойкость и усталостная прочность чугунных КВ ГАЗ – 21, новых и отремонтированных. // Автомобильная промышленность. 1969. №2.
7. Середенко Б. Н. Износостойкость высокопрочного чугуна, применяемого в тракторостроении. // Научные труды ин-т машиноведения и сельскохозяйственной механизации. Киев, 1958. Т. 4.
8. Герц Е. В., Крейнин Г. В. Расчет пневмоприводов. М., 1975. 271 с.
9. Луппиан Г. Э., Симонятов В. Г. Восстановление вибродуговой наплавкой в кислороде чугунных КВ М – 21. // Автоматическая наплавка. 1968. №4.
10. Спиридонов Н. В. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. Минск, 1988. 155 с.
11. Хасуи А. Наплавка и напыление. М., 1985. 239 с.
12. Гуляев А. П. Металловедение. М., 1966.
13. Лебедев Б. И. Усадка железно-углеродистых сплавов и связанное с ней явление – образование горячих трещин. // Автореферат канд. диссертации. / Л., 1956.

14. Доценко Н. И. Восстановление КВ автоматической наплавкой. М., 1965.
15. Полиновский Л. А. Расчет припусков на механическую обработку. Определение точности обработки. Методические указания к выполнению лабораторных и практических работ. Новосиб., СГУПС. 1988. 12 с.
16. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. М., 1969.
17. Ачкасов К.А. Прогрессивные способы восстановления и ремонта деталей сельскохозяйственной техники.- М: "Колос", 1984 -149с.
18. Бабусенко С.М. Проектирование ремонтных предприятий.- М: "Колос", 1991 - 310с.
19. Воловик. Справочник по восстановлению деталей.- М.: "Колос", 1981 г.
20. Каракозов Э.С., Латыпов Р.А., Молчанов Б.А. Состояние и перспективы восстановления деталей электроконтактной приваркой материалов.- М.: Информагротех, 1991.
21. Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка.- М.: Металлургия, 1987.
22. Гузенков П.Г. Детали машин.- М.: Колос, 1982.
23. Паспорт установки для электроконтактной наплавки 011- 1-02Н.
24. Паспорт токарно-винторезного станка 1К62.
25. Паспорт сверлильного станка Н112.
26. Красников В.В. Подъемно-транспортные машины.-М.: "Агропромиздат", 1987 г.
27. Канарев Ф.М. Охрана труда.- М: ВО "Агропромиздат", 1988 – 350 с.
28. Курчаткин В.В. Надежность и ремонт машин.- М.: Колос, 2000.
29. Ливчак И.Ф. Инженеру об охране окружающей среды.- М:"Стройиздат", 1981 – 72 с.
30. Наерман М.С., Наерман Я.Н. Руководство для подготовки шлифовальщиков.

31. Матвеев В.А., Пустовалов И.И. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве.- М:"Колос", 1979 – 286 с.
32. Рекомендации по организации восстановления распределительных валов автотракторных двигателей промышленными методами.- М.: ГОСНИТИ, 1988 г.
33. Федоренко В.А., Шошин А.И. Справочник по машиностроительному черчению. – Л.: "Машиностроение", 1981 – 416 с.
34. Черноиванов В.И., Андреев В.П. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин.- М.:"Колос", 1983 – 215 с.
35. Мягков В.Д. Палей М.А. и др. Допуски и посадки: в 2-х частях – 6-е изд. – Л.: Машиностроение, 1982. – Ч.1. 543 с.
36. Серый И.С. Смелов А.П. и др. Курсовое дипломное проектирование по надежности и ремонту машин. – 4-е изд. – М.: Агропромиздат, 1991. – 184 с.
37. Перечень оборудования и оснастки для ремонта и технического обслуживания машинно-тракторного парка. М.: ГОСНИТИ, 1983. – 309 с.
38. Солуянов П.В., Грянник Г.Н. Охрана труда.- М.: "Колос", 1979 г.
39. Технологические процессы и указания по восстановлению деталей контактной приваркой присадочных материалов. – М.: ГОСНИТИ, 1987. – 344 с.
40. Типовые нормы времени на восстановление изношенных деталей. – М.: ГОСНИТИ, 1984. – 234 с.
41. David A. Hensher, Kenneth J. Button / Handbook of transport modeling. - [2. impr.]. - Amsterdam [etc.] : Pergamon, 2002 [1] с. - 165 p.
42. Henzold G. Geometrical dimensioning and tolerancing for design, manufacturing and inspection / A handbook for geometrical product specification using ISO and ASME standards – Burlington, 2016. – 390 p.
43. Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

44. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

45. Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.