

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Направление: 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль: Технический сервис в АПК

Кафедра: Эксплуатации и ремонта машин

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

На соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Организация участка по восстановлению деталей с разработкой устройства для подачи электрода.

Шифр ВКР 35.03.06.146.18 УПЭ.00.000.ПЗ

Студент группы 2542С

подпись

Гатин А.М.
Ф.И.О.

Руководитель ст. преподаватель
ученое звание

подпись

Ахметзянов Р.Р.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № ____ от _____ 2018)

Зав. кафедрой д.т.н. профессор
ученое звание

подпись

Адигамов Н. Р.
Ф.И.О.

Казань – 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ	
1 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ПЛАЗМОТРОНА И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ В РАЗРАБОТКЕ УСТАНОВКИ	
1.1 Обоснование необходимости разработки конструкции	
1.2 Анализ существующих конструкций плазмотронов	
2 ПРОЕКТ УЧАСТКА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ	
2.1 Обоснование внедрения плазменной наплавки	
2.2 Расчет программы восстановления	
2.3 Обоснование производственной программы участка восстановления плазменной наплавкой	
2.4 Расчет потребности штата участка	
2.5 Расчет производственных площадей	
2.6 Общая компоновка участка	
3 ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ - 740	
3.1 Обоснование необходимости разработки технологии восстановления	
3.2 Анализ способов восстановления коленчатых валов и выбор рационального способа восстановления	
3.3 Разработка ремонтного чертежа	
3.4 Разработка операционной карты наплавки коренных шеек	
3.5 Разработка маршрутной карты	
4 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИП ЕГО РАБОТЫ	
4.1 Устройство и принцип действия приспособления	
4.2 Расчет конструктивных элементов плазмотрона	
5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА	

5.1 Обеспечение условий и безопасности труда на производстве	
5.2 Мероприятия по охране окружающей среды	
5.3 Мероприятия по защите населения и материальных ценностей в чрезвычайных ситуациях.....	
5.4 Физическая культура на производстве	
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	
6.1 Экономическое обоснование устройства для подачи электрода.	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	
ЛИТЕРАТУРА	
СПЕЦИФИКАЦИИ.....	

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основную долю парка техники в сельском хозяйстве составляют отремонтированные машины и лишь незначительную часть — новые. Важным звеном обеспечения качественного ремонта техники является соблюдение технологии его проведения. На сегодняшний день во многих предприятиях ремонт производится с нарушениями технологического процесса мойки, дефектации деталей и обкатки. Все это приводит к снижению срока эксплуатации отремонтированной техники, и как следствие, повышению затрат производителей сельскохозяйственной продукции. Также, поскольку ремонт агрегатов сводится главным образом к замене их неисправных деталей на годные, наибольшие затраты (до 60% и более) в себестоимости ремонта составляет стоимость израсходованных запасных частей.

Инновационный научно-производственный центр «ООО СПЦ Ресурс» при кафедре «Эксплуатации и ремонта машин» призван объединить научный и технический потенциал для развития восстановительных технологии и внедрения их в производство. В этих условиях необходимо развивать и изучать возможности как давно зарекомендовавших себя, так и новых ремонтных технологии.

Разработанный нами выпускная квалификационная работа направлена на расширение производственной деятельности кафедры. С этой целью рассмотрены вопросы восстановлению деталей, разработана технология восстановления и конструкция устройства для подачи электрода. В проекте освещены мероприятия по обеспечению безопасности и экологичности проекта, а также определены технико-экономические показатели.

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Гатина А.М. на тему Организация участка по восстановлению деталей с разработкой устройства для подачи электрода.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на листах машинописного текста и графической части на листах формата А1.

Записка состоит из введения, шести разделов, заключения и включает — рисунков и таблиц. Список использованной литературы содержит _ наименований.

В первом разделе дан анализ конструкций плазматронов с различными устройствами для подачи электродов.

Во втором разделе разработан участок по восстановлению изношенных деталей.

В третьем разделе разработан технологический процесс восстановления коленчатого вала двигателя КАМАЗ, подобрано необходимое оборудование и инструмент, предложена технология восстановления коленчатого вала.

В четвертом разделе разработана конструкция для подачи электрода.

В пятом разделе спроектированы мероприятия по безопасности и экологичности проекта.

В шестом разделе проведены расчеты по экономическому обоснованию конструкции.

В конце приведены общие выводы по выпускной работе.

1 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ПОДАЧИ ЭЛЕКТРОДА ДЛЯ ПЛАЗМОТРОНА И ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ В РАЗРАБОТКЕ УСТАНОВКИ

1.1 Обоснование необходимости разработки конструкции

Процесс плазменной наплавки является одним из самых сложных и энергоёмких. Следовательно, к нему предъявляются дополнительные требования. Обеспечение качественного наплавленного слоя, который отвечает всем требованиям эксплуатации, это и твёрдость, прочность сцепления, износостойкость, коррозионная стойкость и т.д. Большая производительность, которая более актуальна для предприятий, у которых большую долю запасных частей занимают восстановленные.

Процесс плазменной наплавки полностью автоматизирован, вращение и подача восстанавливаемой детали проходит полностью автоматически, оператору необходимо лишь подобрать необходимые режимы для обеспечения качества процесса. Но возникает вопрос с контролем качества, ведь электрод постепенно изнашивается под действием высокой температуры, происходит колебание температуры из-за непостоянства длины дуги, вследствие чего возникает вопрос о контроле качества работы плазмотрона. В тоже время одновременно требуется, наряду с контролируемыми параметрами, обеспечить легкость монтажа, обслуживания и экономичность.

1.2 Анализ существующих конструкций плазмотронов

1.2.1 Конструкции дуговых плазмотронов

Центральным звеном плазменных установок различного назначения является плазменная горелка или плазмотрон, обеспечивающий возбуждение и стабилизацию горения плазменной струи или сжатой дуги. Плазмотроны отличаются технологическими возможностями и насыщенностью техническими решениями. Факторы, влияющие на конструктивные

особенности плазмотронов, можно представить в виде разветвленной схемы (рисунок 1.1).

В общем, виде, основными элементами дуговых плазмотронов являются: электрододержатель с электродом, камера для плазмообразования, плазмообразующее сопло, формирующее сжатую дугу или плазменную струю, изолятор, разделяющий электродный узел от плазмообразующего сопла, вспомогательные системы, обеспечивающие подачу плазмообразующего, фокусирующего и защитного газов, а также охлаждающей жидкости.

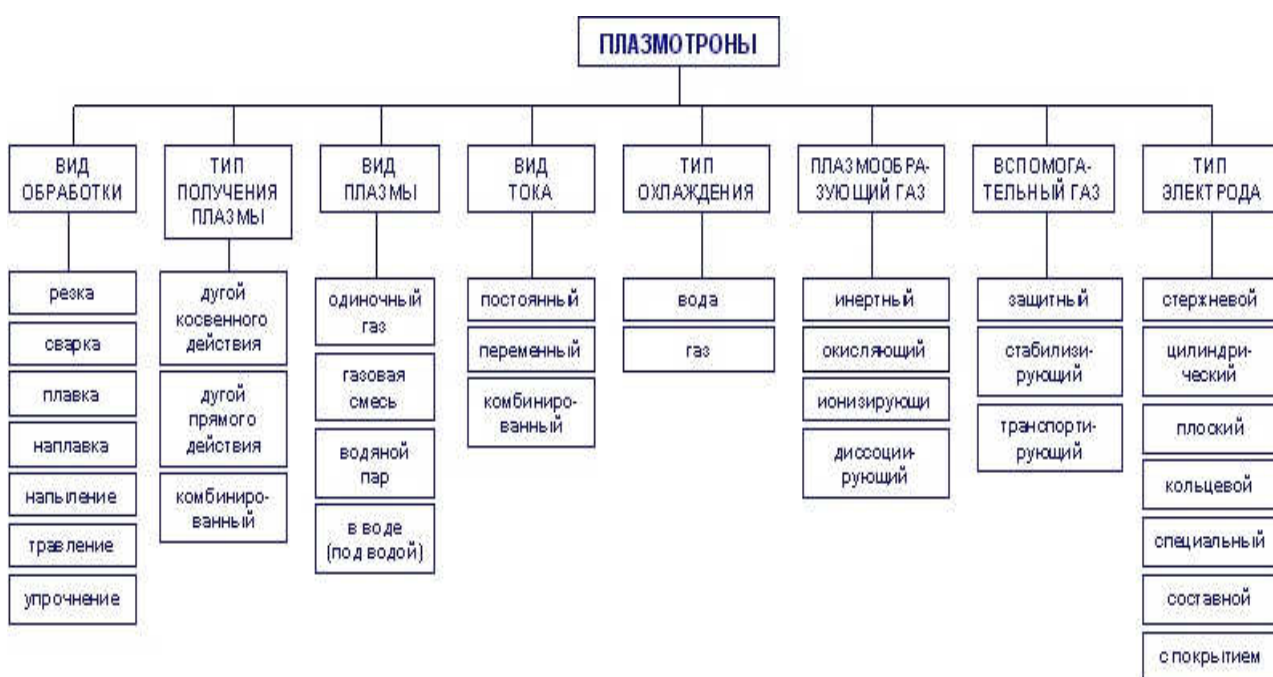


Рисунок 1.1 - Факторы, влияющие на конструкцию плазмотронов.

Общими требованиями при конструировании плазмотронов являются:

- достаточная мощность и широкий диапазон регулирования сварочных параметров;
- создание оптимальных характеристик сжатой дуги и обеспечение их постоянства в процессе работы;
- обеспечение многократного, стабильного возбуждения сжатой дуги (плазменной струи);

- надежность и значительный ресурс работы отдельных элементов плазмотрона;
- простота конструкции, обслуживания и эксплуатации;
- минимальные габариты и масса, обеспечивающие возможность доступа к труднодоступным местам изделия в различных пространственных положениях;
- универсальность, легкость перенастройки;
- экономичность изготовления, минимальная материалоемкость, экономия дорогостоящих материалов;
- возможность восстановления плазмотронов при отработке ими ресурса или аварийном выходе из строя в условиях предприятий потребителей и ряд других.

1.2.2 Классификация плазмотронов

Различные варианты схем плазмотронов удобнее всего представить в виде классификации (рисунок 1.2).

В первую очередь все плазмотроны разделяются на две группы по виду дуги: прямого действия и косвенного действия.

По системе охлаждения электрода и плазмообразующего сопла плазмотроны делятся на два основных типа: с воздушным и с водяным охлаждением. Могут быть плазмотроны со смешанной системой охлаждения теплонагруженных узлов. Теплостойкость воды намного выше теплостойкости воздуха и других газов, поэтому, наиболее эффективной и распространенной является водяная система охлаждения плазмотронов, которая обеспечивает высокую мощность и высокую степень сжатия дуги.

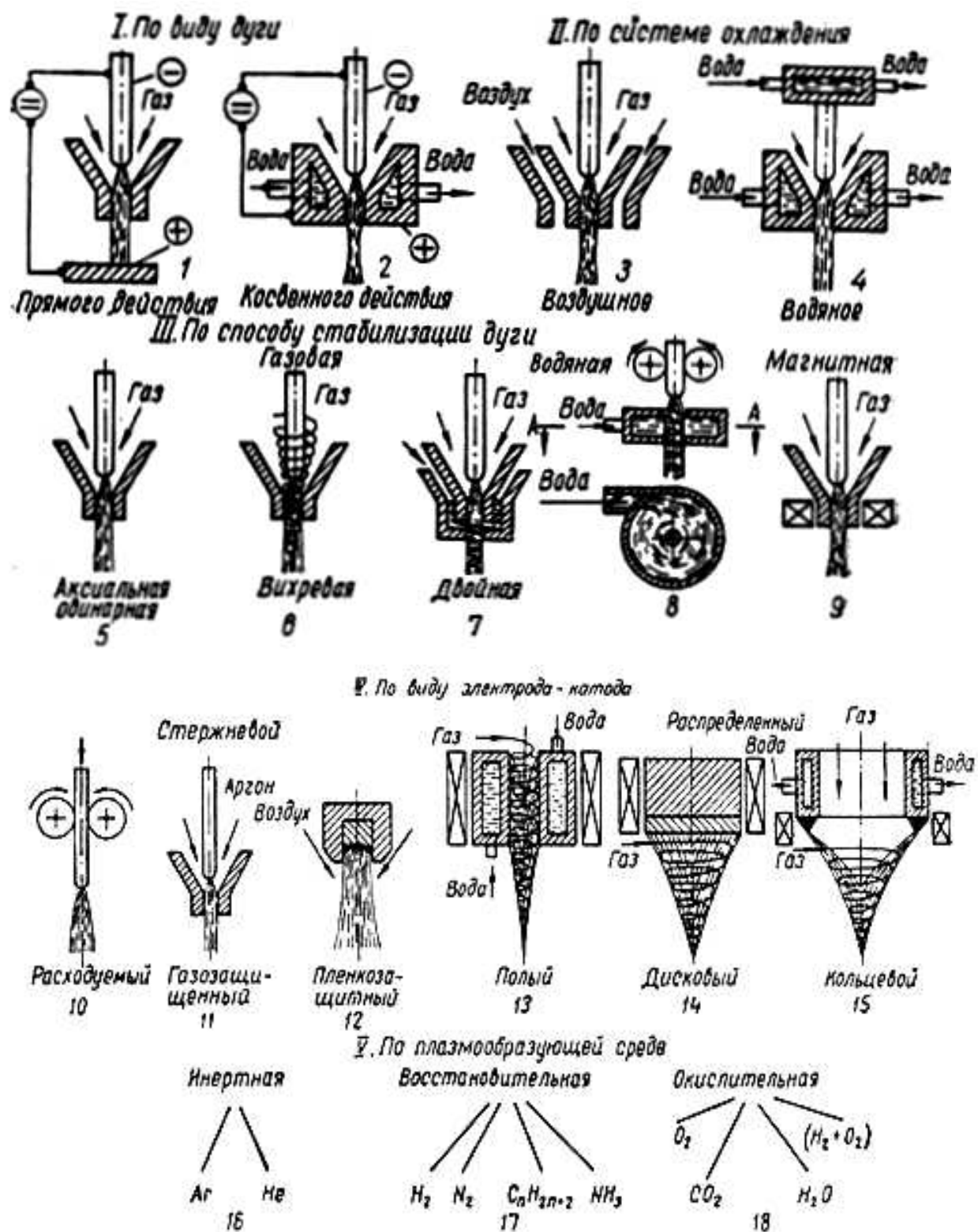
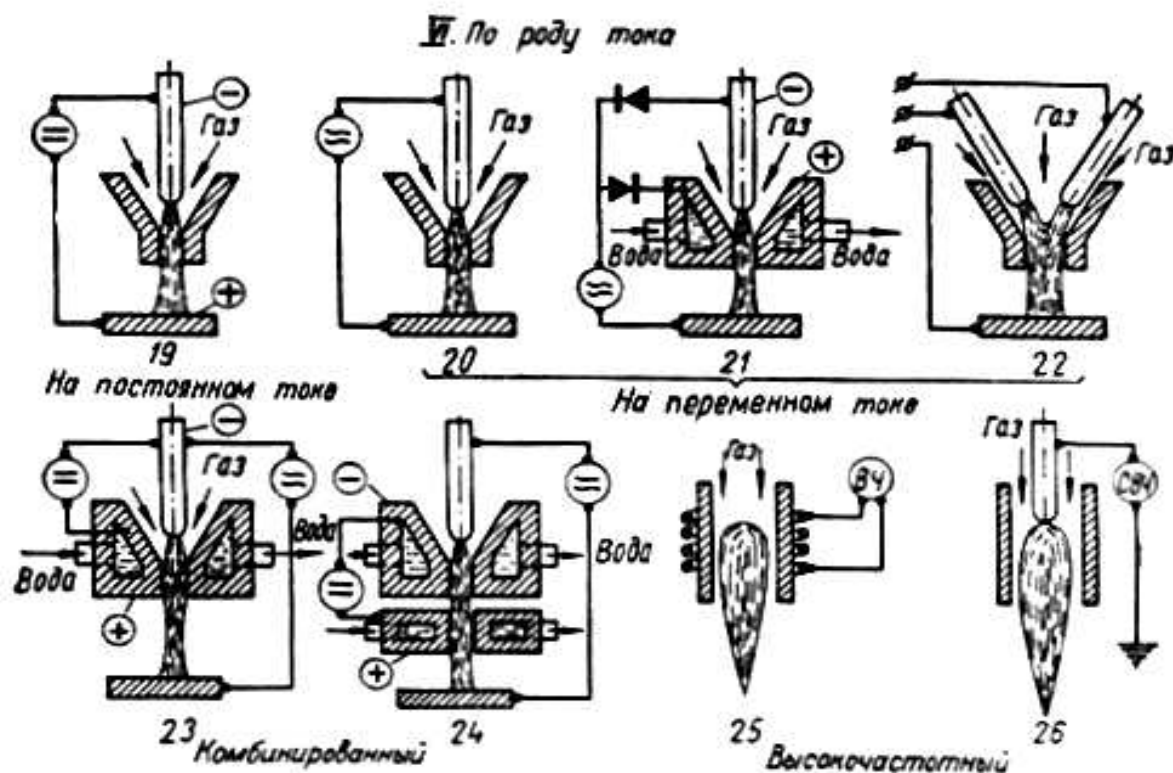


Рисунок 1.2 - Классификация плазмотронов.



Продолжение рисунка 1.2

Плазмотроны можно классифицировать по способу стабилизации сжатой дуги. Система стабилизации сжатой дуги обеспечивает сжатие столба дуги и строгую фиксацию его по оси сопла плазмотрона и является одним из важнейших элементов плазмотрона. Существует три вида стабилизации сжатой дуги: газовая, водяная и магнитная. Наиболее простой и распространенной является газовая стабилизация, при которой наружный, холодный слой рабочего (плазмообразующего) газа омывая столб дуги, охлаждают и сжимают его. При этом, в зависимости от способа подачи газа, газовая стабилизация может быть аксиальной или вихревой. Наибольшее сжатие дуги достигается при вихревой стабилизации, поэтому этот способ чаще используется в плазмотронах для резки и напыления. При аксиальной стабилизации обеспечивается ламинарный характер истечения струи из плазмообразующего сопла, что является важным для ряда процессов. В ряде случаев применяют двойную стабилизацию дуги. При водяной стабилизации можно достигнуть наиболее высокой степени сжатия и температуры столба дуги (50 – 70 тыс. К). Однако присутствие паров воды вблизи катодной

области приводит к интенсивному сгоранию электродов из любых материалов, поэтому в плазмотронах с водяной стабилизацией используются расходоуемые (чаще графитовые) электроды, автоматически перемещающиеся по мере сгорания. Магнитная стабилизация, при которой создаваемое продольное магнитное поле сжимает столб дуги, менее эффективна, чем водяная и газовая. Кроме того, наличие соленоида усложняет конструкцию плазмотрона и увеличивает его габариты. Преимущество магнитной стабилизации состоит в возможности регулирования степени сжатия дуги не зависимо от расхода рабочего газа. На практике наложение продольного магнитного поля применяется для вращения анодного пятна по внутренним стенкам сопла, при работе в режиме косвенной дуги, с целью повышения стойкости последнего.

По виду электрода катода плазмотроны постоянного тока можно разделить на две группы: плазмотроны со стержневым и с распределенным катодами. В плазмотронах со стержневым катодом, катодное пятно фиксируется на торце электрода, а в плазмотронах с распределенным катодом – интенсивно перемещается с помощью газовихревого или магнитного вращения по развитой поверхности электрода. Стержневые катоды могут быть трех видов: расходоуемый, газозащитный и пленкозащитный. Расходоуемый, чаще всего графитовый, электрод, несмотря на высокую температуру плавления, имеет повышенный расход из-за возгонки вблизи температуры плавления. Газозащитный вольфрамовый электрод – самый распространенный из всех видов электродов. Вольфрам имеет высокую прочность и достаточно высокие электро- и теплопроводность. При работе в инертной среде (аргон, гелий) при нагрузке $15 - 20 \text{ А/мм}^2$ вольфрам практически не расходоуется. Пленкозащитные катоды обладают высокой стойкостью в активных средах (воздух, углекислый газ, технический азот). Они представляют собой стержень из циркония или гафния запрессованный в медной обойме. Высокая термостойкость таких катодов обусловлена образованием стойкой

тугоплавкой пленки из оксидов и нитридов, защищающей чистый металл от испарения. Активная вставка расходуется в основном при включении дуги, вследствие разрушения пленки от термоудара. При использовании циркониевого электрода допускается большая чем для вольфрама плотность тока, достигающая $80 - 100 \text{ А/мм}^2$. При работе плазмотрона с окислительной плазмообразующей средой на больших токах (1000 А и более) используются разнообразные виды распределенных катодов, наиболее распространенными из которых являются полый, дисковый и кольцевой. Недостатками распределенных катодов являются сложность их конструкции, трудность равномерного перемещения катодного пятна по всей поверхности электрода, низкая стабильность горения дуги, возрастание напряжения прикатодной области дуги и связанное с этим увеличение потерь мощности в электроде.

Классификация плазмотронов по плазмообразующей среде. Состав плазмообразующей среды диктуется технологическим процессом и в свою очередь является определяющим фактором при выборе схемы плазмотрона. По химическому воздействию на обрабатываемое изделие и электроды плазмотрона все плазмообразующие среды можно разделить на три большие группы: инертная, восстановительная и окислительная.

По роду тока плазмотроны отличаются большим многообразием. Подавляющее большинство плазмотронов работает на постоянном токе прямой полярности. Это объясняется тем, что на аноде дуги выделяется большее количество тепла, чем на катоде. Тепловая мощность, выделяемая в электроде плазмотрона, в отличие от плавящегося электрода сварочной дуги является не только бесполезной, но и вредной. Предельно допустимая токовая нагрузка на лантанированный вольфрамовый электрод, на переменном токе примерно в два раза, а на обратной полярности, при использовании постоянного тока, в десять раз ниже, чем на прямой полярности. Поэтому плазмотроны постоянного тока прямой полярности имеют наиболее высокий коэффициент использования полезной мощности. При работе плазмотрона на переменном токе прохождение тока через нуль

может вызвать погасание дуги, поэтому напряжение холостого хода источника питания переменным током не менее чем вдвое превышает рабочее напряжение дуги. Плазмотроны переменного тока рекомендуется применять для сварки алюминиевых сплавов, так как в периоды обратной полярности за счет действия эффекта катодного распыления разрушается тугоплавкая окисная пленка, препятствующая процессу сплавления металла. Существует несколько схем плазмотронов переменного тока. На схемах 20 и 21 плазмотроны питаются от однофазного трансформатора. В схеме 21 осуществлена вентильная коммутация тока таким образом, что электрод функционирует только как катод (в полупериод прямой полярности), а сопло – как анод (в полупериод обратной полярности). При такой схеме обеспечивается большая стойкость вольфрамового электрода. Однако с ростом тока ухудшаются условия работы сопла, а при работе на токах ниже 150 А нарушается стабильность горения дуги. Стабильность горения дуги обеспечивается при трехфазной схеме питания плазмотрона, однако, электроды и сопло находятся в сравнительно тяжелых условиях работы, и значительно усложняется конструкция плазмотрона. В ряде случаев питание плазмотронов выполняют комбинированным, для повышения стабильности горения дуги переменного тока. Наряду с дуговыми плазмотронами, работающими на токе промышленной частоты, разработаны высокочастотные и сверхвысокочастотные плазмотроны (схемы 25, 26 рисунок 1.2).

1.2.3 Конструкции узлов плазмотронов

Основными узлами плазмотронов являются электродный, сопловой, изолятор, системы водо- и газоснабжения.

Катоды. Основной характеристикой материала катода являются эмиссионные свойства, которые определяются работой выхода электронов. Чем меньше работа выхода, тем лучше решаются задачи стабилизации дуги и охлаждения катода. Для работы в инертных газах наилучшим материалом

катодов является вольфрам, легированный окислами лантана и иттрия (марки ВЛ и СВИ). Конструктивно катоды из вольфрама выполняются двумя способами: в виде прутка, который фиксируется цанговым зажимом, закрепленном в электродном узле плазмотрона (рисунок 3.2) и в виде медной державки с заделанным в неё стержнем вольфрама, установленной в электродном узле. Последняя конструкция менее удобна, но обеспечивает более высокие плотности тока. Катодная вставка может закрепляться в цельном корпусе и сменных медных наконечниках, соединяемых с корпусом электрододержателя конусной посадкой или резьбой. Конструкции 3,4,5, характерны для катодов с активной вставкой (цирконий, гафний), предназначенных для работы в кислородсодержащих средах. Вставка соединяется с наконечником различными способами: пайкой, диффузионной сваркой, запрессовкой, совместной холодной штамповкой активной вставки с медной державкой и др.

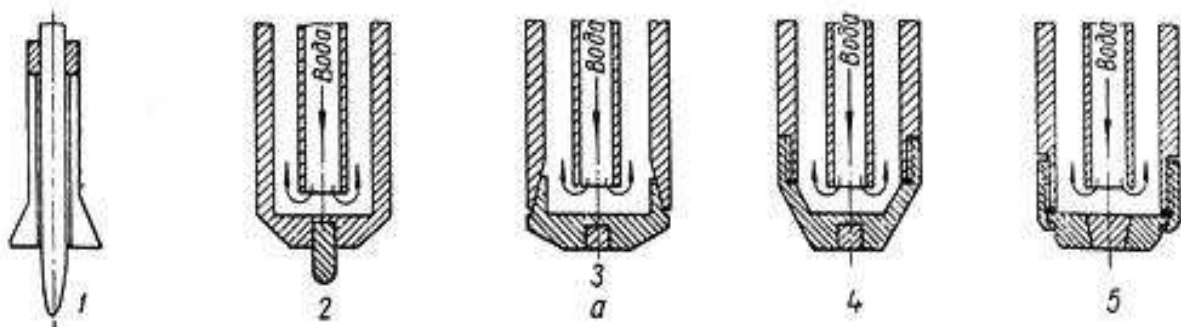


Рисунок 1.3 - Катоды.

Аноды. При работе плазмотрона на постоянном токе обратной полярности тепловая нагрузка на анод резко возрастает. Опыт показывает, что для обеспечения адекватной стойкости сечение вольфрамового электрода на обратной полярности должно быть в 9 раз больше, чем при прямой полярности. Необходимо рассредоточить заряд по поверхности анода для снижения плотности теплового потока в анод. Эксперименты, проводимые с вольфрамовыми электродами различной конструкции (рисунок 3.4) показали, что при рабочем токе 150 А и токе возбуждения 50 А они разрушались за время меньше 23 мин., а при токе 200 А за 2-3 мин. Это объясняется

недостаточной теплопроводностью вольфрама. Эксперименты проведенные с медными анодами (теплопроводность меди в 3 раза выше, чем вольфрама) различные конструкции (рисунок 3.5 а, б, в, г) показали, что конструкции а) и б) при рабочем токе 200 А и токе возбуждения 50 А быстро разрушались. При использовании электрода в) активное пятно располагалось на кромке электрода, что приводило к аварийной работе плазмотрона (двойной дуге). Электрод конструкции 5г при токе 200 А имел ресурс 300 мин. при 60 возбуждениях дуги. Считается, что рост ресурсов анодов связан с увеличением размеров электродов и улучшением их охлаждения. Высокая стойкость анода обеспечивается качественным соединением меди с вольфрамом и эффективным водяным охлаждением. Наилучшие результаты достигались при осадке расплавленной меди на вольфрамовую вставку. Стойкость таких анодов достигает 100-300 часов при рабочем токе до 300 А при 100 – 500 включениях.

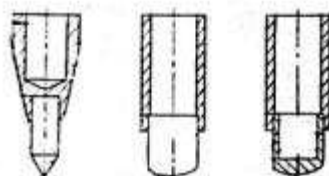


Рисунок 1.4 - Вольфрамовые аноды.

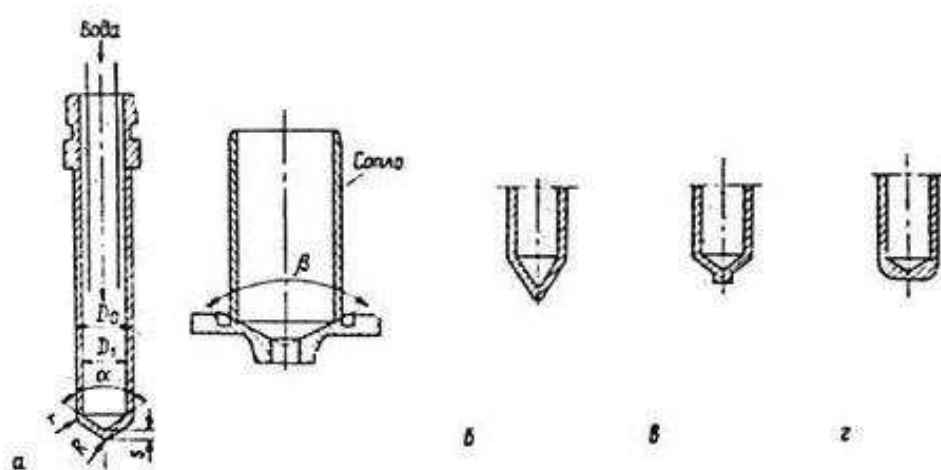


Рисунок 1.5 - Медные аноды.

Плазмообразующие сопла воспринимают большие тепловые нагрузки и поэтому требуют тщательного конструктивного оформления. Опыт

эксплуатации показал, что наилучшим материалом для изготовления сопел является медь высокой чистоты (марки М0, М1), обладающая высокой теплопроводностью и сравнительно невысокой стоимостью. Армирование стенок сопла теплоустойчивыми материалами приводит к уменьшению срока его службы из-за уменьшения теплопроводности. Сопла малоамперных и ручных плазменных горелок могут быть выполнены с естественным или газовым охлаждением (рисунок 1.6, 1,2). В большинстве случаев применяется водяное охлаждение сопел, при этом участок сопла, контактирующий с плазменным столбом, выполняют сменным (Рисунок 3.6, 3,4,5).

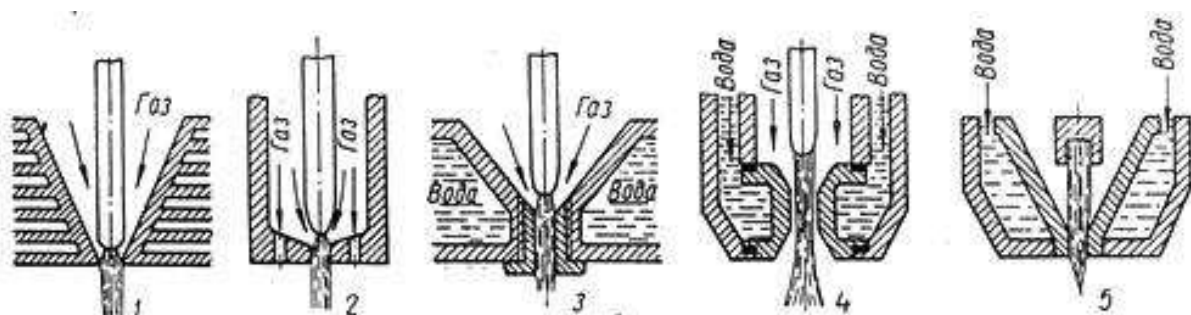


Рисунок 1.6 - Плазмообразующие сопла.

Изоляторы. Плазмообразующее сопло и электродный узел должны быть электрически изолированы друг от друга. Одним из условий стабильного горения дуги является точная центровка электрода и плазмообразующего сопла. Функции механической связи электродного узла и плазмообразующего сопла плазмотрона, их точной взаимоцентрировки и электрической изоляции выполняет изолятор. К материалу изолятора предъявляются разнообразные, а иногда противоречивые требования:

- достаточная механическая прочность;
- высокая электрическая прочность, т.к. возбуждение дежурной дуги осуществляется с помощью высоковольтного высокочастотного разряда;
- термостойкостью, т.к. части изолятора подвергаются тепловому и световому воздействию сжатой дуги;
- обрабатываемостью механическими способами (режущими инструментами, штамповкой и др.);

- герметичностью, поскольку через изолятор могут проходить коммуникации газоснабжения и водяной системы охлаждения.

Материалы, применяемые для изготовления изоляторов плазмотронов, условно можно разделить на две группы: обрабатываемые из заготовок на универсальном оборудовании (прутки, листы), и получаемые с помощью специальной технологической оснастки (пресс-формы, заливочные формы и др.). К первой группе относятся фторопласт Ф-4, иногда эбонит, капролон. Ко второй – эпоксидная смола холодного отверждения ЭД 5 с кремнийорганическим наполнителем, стеклонаполненные пресс-материалы типов АГ-4В, ДСВ, КМК 218, КПС и др., а также высокоглиноземистые керамические типа кристаллокорунд и 22ХС. Из материалов первой группы изоляторы изготавливаются на универсальном оборудовании (токарные, фрезерные, сверлильные станки) и могут быть достаточно сложными. Из материалов второй группы детали можно изготавливать достаточно простым способом с минимальной трудоемкостью и потерями материала.

Применение перспективных керамических материалов сдерживается двумя причинами. Первая – большой разброс коэффициента усадки шликерной массы при спекании, что не позволяет получать детали выше пятого класса точности. Вторая причина – для изготовления керамических деталей требуется набор специального технологического оборудования (шаровые мельницы, машины шликерного литья, водородные печи для спекания), что снижает рентабельность при мелкосерийном производстве.

Узел завихрения рабочего газа определяет качество стабилизации столба сжатой дуги. Конструктивные варианты узлов завихрения можно разделить на группы, представленные на рисунке 1.7. Функции завихрителя может выполнять корпус плазмотрона (рисунок 1.7 1,2), керамическая шайба, помещенная у входа в сопло (рисунок 3.7 3), само сопло (рисунок 3.7 4). При этом можно значительно сократить длину канала сопла, заменив большую часть его кольцами стабилизирующего газа, вращающегося вокруг столба дуги (очень сложное и трудоемкое в изготовлении). Завихрителем может

быть и сам электрод плазмотрона, на наружной поверхности которого выполняется винтовая нарезка (рисунок 1.7).

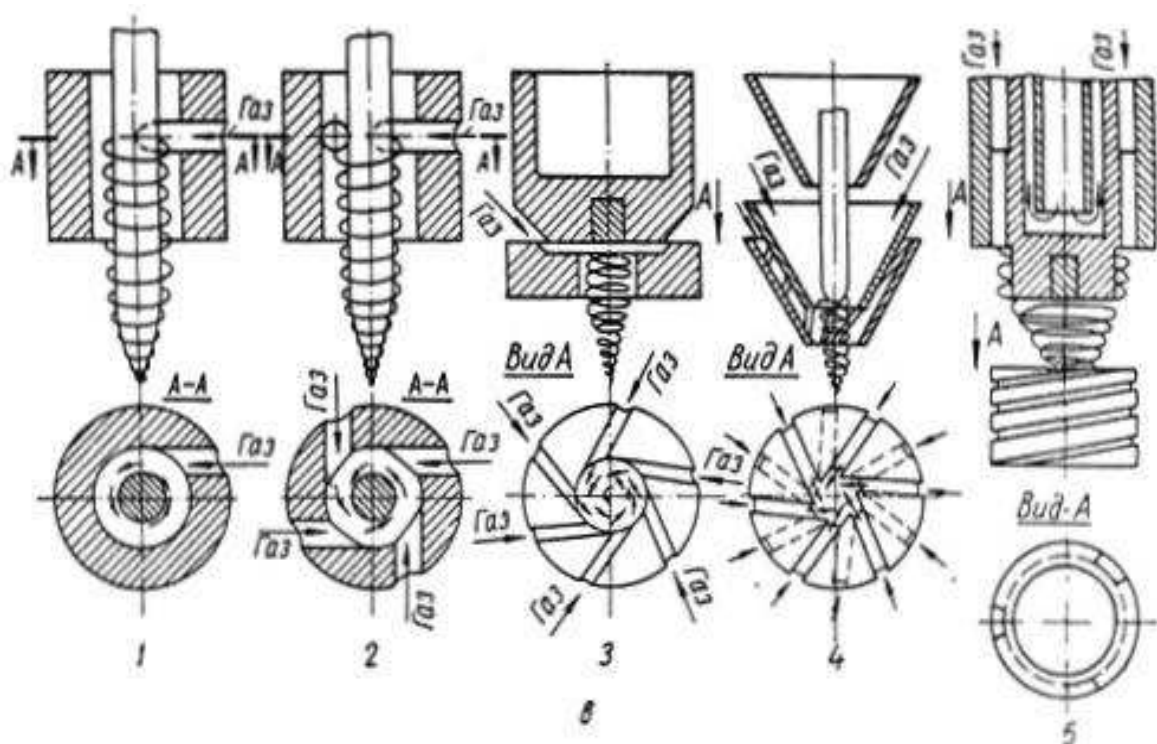


Рисунок 1.7 - Завихрители.

Системы газоснабжения и охлаждения плазмотронов. Эти системы во многом определяют технологические возможности и габариты плазмотронов. Каналы для подачи плазмообразующего, защитного и стабилизирующего газов могут выполняться в теле основных элементов плазмотрона, образовываться при сопряжении этих элементов, а также создаваться за счет сопряжения дополнительных промежуточных деталей. Системы охлаждения электрода и плазмообразующего сопла плазмотронов делятся на два основных типа: системы с воздушным и с водяным охлаждением. Могут быть плазмотроны со смешанной системой охлаждения теплонагруженных узлов.

2 ПРОЕКТ УЧАСТКА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Для улучшения технико-экономических показателей предприятия необходимо уменьшать себестоимость оказываемых услуг. Одной из некоторых составляющих себестоимости на данном предприятии является ремонт.

Для проведения капитального ремонта машины необходимо иметь соответствующую базу, в состав которой входят: ремонтный персонал, база снабжения запасными частями, станки для изготовления новых, а также восстановления старых деталей.

Для снижения себестоимости ремонт мы предлагаем внедрить на предприятии участок восстановления плазменной наплавкой. Так как объектом является проект участка, следовательно, необходимо также предусмотреть и вспомогательное оборудование: шкафчики, шкафы, верстаки и т.д.

2.1 Обоснование внедрения плазменной наплавки

Известно, что около 90 % деталей современных тракторов и автомобилей становятся непригодными для дальнейшей эксплуатации при износе до 0,3 мм. Поэтому на сегодняшний день особое внимание уделяется разработке способов восстановления, позволяющих получить толщину наращиваемого слоя менее 1 мм. Основными методами сегодня является автоматическая наплавка в среде углекислого газа, вибродуговая наплавка, индукционная наплавка, а так же электроконтактная приварка порошковых материалов. Одним из методов восстановления позволяющих получить толщину наращиваемого слоя менее 1 мм является плазменная наплавка. Использование плазмы позволяет получать покрытия с разнообразными свойствами (твердые, фрикционные, антифрикционные и др.), за счет

изменения состава порошка. Плазменная наплавка также является одним из самых высокопроизводительных способов восстановления.

Плазменной наплавкой можно восстанавливать как детали вращения, так и плоские поверхности.

Так же одним из достоинств метода является влияние на сцепление наращиваемого слоя с основным металлом путем изменения скорости приварки. При невысоких скоростях, в пределах 2...3 мм/с, слой получается весьма плотным (пористостью не более 6...8%), но с пониженным значением сцепления. Повышение скорости приварки (до 4 мм/с) улучшается сцепление, вызывая одновременно повышение пористости слоя (до 10...12%).

Данный способ обеспечивает высокую износостойкость нанесенного слоя, при незначительном уровне термического влияния на деталь. Его применение эффективно для наращивания наружных цилиндрических поверхностей.

2.2 Расчет программы восстановления

Ремонтируемыми объектами в рассматриваемой мастерской являются грузовые и легковые автомобили, автобусы и спецтехника. Исходя из этого, номенклатуру деталей подлежащих восстановлению рассматриваем из техники используемой на предприятии. Так же предполагается выполнение восстановительных работ под заказ.

Годовая программа восстановления определяется исходя из количества ремонтируемых объектов в хозяйстве, количества одинаковых деталей на данном объекте и коэффициента восстанавливаемости по формуле:

$$N_i = N \times n \times K_{\epsilon}, \quad (2.1)$$

где N – количество ремонтируемых объектов, шт;

n – количество одинаковых деталей на данном объекте, шт;

K_{ϵ} – коэффициент восстановления.

Коэффициент восстановления показывает, какая часть деталей данного наименования требует восстановления:

$$K_B = \frac{\Pi_{Boc}}{\Pi_o}, \quad (2.2)$$

где Π_{Boc} – количество деталей, требующих восстановления, шт;

Π_o – общее количество деталей данного наименования, прошедших дефектацию, шт.

В нашем случае значение этого коэффициента позволяет более точно планировать потребность предприятия в запасных частях и определить объем работ участка восстановления деталей. Значения коэффициентов приняты из [1].

Для определения годовой площади восстановления необходимо определить площадь восстановления поверхности деталей. По каталогу определяем диаметр и длину восстанавливаемой поверхности каждой детали и определяем площадь поверхности деталей по формуле:

$$S = \pi \times d \times l \times n, \quad (2.3)$$

где d – диаметр восстанавливаемой поверхности, мм;

l – длина восстанавливаемой поверхности, мм;

n – количество восстанавливаемых поверхностей.

Перечень деталей техники подлежащих восстановлению и данные расчетов сведём в приложение.

2.3 Обоснование производственной программы участка восстановления плазменной наплавкой

Общая площадь восстановления всех деталей составляет $\sum S = 14625478,9 \text{ мм}^2$. Учитывая, что на предприятиях, соседствующих с данным проектом нет подобной установки, следовательно, не исключены и заказы со стороны. Примем долю сторонних заказов равной двукратному объёму наплавочных работ предприятия.

Средняя производительность восстановления плазменной наплавкой составляет от 0,3 до 3,0 кг/ч []. Так как размеры деталей подлежащих восстановлению плазменной наплавкой не большие, и квалификация работников невысокая примем производительность наплавки равной 0,6 кг/ч. При средней толщине наплавки равной 2 мм, производительность по площади равна 25641 мм²/ч.

Определим годовой фонд времени работы. Годовой фонд времени работы одной установки при односменной работе и пятидневной рабочей неделе определяется по формуле []:

$$\Phi_{HO} = (d_K - d_B - d_{II}) \cdot t_{CM} - d_{ПП}, \quad (2.4)$$

где d_K – число календарных дней;

d_B – число выходных дней;

d_{II} – число праздничных дней;

t_{CM} – продолжительность смены, ч;

$d_{ПП}$ – число предпраздничных дней.

$$\Phi_{HO} = (365 - 105 - 20) \times 8 - 5 = 1915 \text{ ч.}$$

Определим количество станков необходимых для выполнения производственной программы:

$$N_{CT} = \frac{\sum S}{P \cdot \Phi_{HO}}, \quad (2.5)$$

где P – производительность восстановления плазменной наплавкой.

$$N_{CT} = \frac{14625478,9 \times 3}{25641,00 \times 1915} = 0,89 \text{ шт.}$$

Итак, для бесперебойной работы цеха требуется один станок.

В соответствии с проведенными расчетами на участке восстановления, принимаем установку плазменной наплавки марки УД-209 для восстановления наружных цилиндрических поверхностей.

Планировка участка восстановления приведена на 2 листе графического материала (ВКР 35.03.06.146.18 УПЭ.00.000.ПУ)

Очень важную роль при восстановлении играет выбор режимов приварки. При правильной разработке технологии процесса восстановления ресурс восстановленной детали должен быть не менее 80% ресурса новой.

2.4 Расчет потребности штата участка

Количество производственных рабочих определяют по формуле:

$$P = \frac{T_{Напл}}{\Phi_{Д.Р.}}, \quad (2.6)$$

где $T_{Напл}$ - трудоёмкость наплавочных работ, чел.-час;

$\Phi_{Д.Р.}$ - действительный фонд времени рабочего-станочника, час.

($\Phi_{Д.Р.} = \Phi_{НО}$).

Трудоёмкость наплавочных работ определим по формуле:

$$T_{Напл} = \frac{\sum S}{P}, \quad (2.7)$$

$$T_{Напл} = \frac{14625478,9 \times 3}{25641,0} = 1711,18 \text{ чел.-час.}$$

Тогда количество производственных рабочих будет равно:

$$P = \frac{1711,18}{1915} = 0,89 \text{ чел.}$$

Принимаем одного рабочего - наплавщика.

2.5 Расчет производственных площадей

Потребность в производственных площадях (m^2) для участка восстановления деталей определяем по площади занимаемой оборудованием по формуле:

$$F_{уч.} = F_{О.} \times \sigma, \quad (2.8)$$

где $F_{O.}$ – площадь, занимаемая оборудованием, м² (таблица 2.2);

σ – коэффициент, учитывающий рабочие зоны и проходы, $\sigma=4,50...5,00$ [].

Таблица 2.1 - Ведомость оборудования наплавочного участка.

№ поз.	Наименование оборудования	Габаритные размеры, мм	Количество, шт.	Площадь, м ²	
				Ед. оборуд.	всего
1	Установка плазменной наплавки	2720×1220	1	3,32	3,32
2	Источник питания	800×610	1	0,48	0,48
3	Шкаф для баллонов	800×1200	1	0,96	0,96
4	Стол дефектовочный	1700×900	1	1,53	1,53
5	Стеллаж для инструмента	2900×770	1	2,23	2,23
6	Стеллаж для деталей	2350×1500	1	3,5	3,5
7	Кран укосина с электроталью	750×750	1	0,56	0,56
	Итого:	-	7	-	12,58

Таким образом:

$$F_{уч.} = 12,58 \times (4,5 \dots 5,0) = 56,61 \dots 62,90 \text{ м}^2.$$

Принимаем площадь участка равной 60 м².

2.6 Общая компоновка участка

Участок восстановления плазменной наплавкой расположим в здании мастерской, обозначенной на рисунке 2.1 позицией А2. С южной части необходимо прорубить дверной проём для ввоза и вывоза восстанавливаемых деталей. Участок восстановления необходимо отгородить от основного здания двумя слоями профнастила, со слоем минеральной ваты между ними для лучшей шумо- и дымоизоляции.

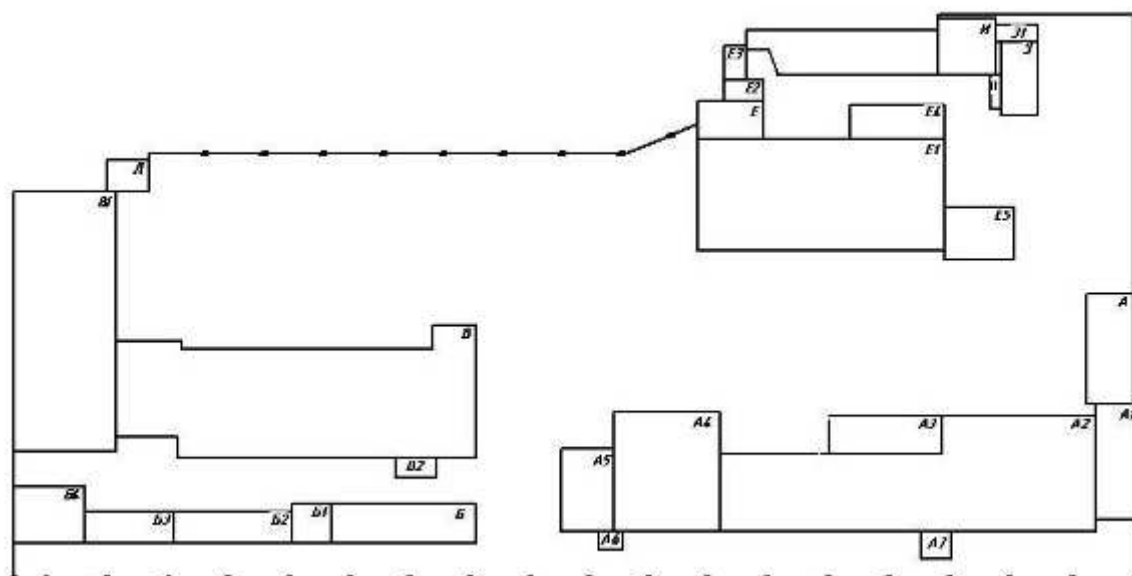


Рисунок 2.1 - План на земельный участок примерного предприятия.

Оборудование в цехе располагаем по схеме технологического процесса с учетом необходимых проездов и проходов. Станки располагаем согласно требуемым нормам расстояний между оборудованием и элементами здания: от стены до тыльной стороны станка и до боковой стороны расстояние составляет не менее 600 мм. Расстояние между станками при их поперечном расположении составляет не менее 1600мм. Рабочая зона должна быть не менее 1000 мм и оборудована деревянными подножными решетками.

Установленная на участке кран-укосина с электроталью должна обеспечивать перемещение деталей от тележки до стеллажа для деталей к столу дефектации и установке плазменной наплавки.

3 ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ - 740

3.1 Обоснование необходимости разработки технологии восстановления

Основным условием эффективного использования машин, оборудования и механизмов, эксплуатируемых в отраслях агропромышленного комплекса нашей страны, является поддержание их в постоянном работоспособном состоянии путём технически грамотного обслуживания и ремонта.

В настоящее время основную долю, парка техники составляют отремонтированные машины и лишь незначительную часть – новые. Поскольку ремонт машин сводится главным образом к замене их неисправных деталей на годные, отвечающие техническим условиям, наибольшие затраты в себестоимости ремонта составляет стоимость израсходованных запасных частей.

Главным резервом сокращения потребности и расхода новых запасных частей, восполнения их дефицита является восстановление бывших в работе и получивших дефект того или иного характера деталей.

Также одну из главных ролей в структуре восстановления деталей играет правильная, технически обоснованная технология восстановления. От правильной технологии зависят трудоёмкость восстановления, качество восстановленной детали, её эксплуатационные свойства и экономичность процесса. Технология восстановления включает все основные элементы технологического процесса: время основной и вспомогательной работ, инструменты, станки, квалификацию работника, что существенно облегчает работу.

3.2 Анализ способов восстановления коленчатых валов и выбор рационального способа восстановления

3.2.1 Конструктивно – технические особенности

Коленчатый вал предназначен для преобразования поступательного движения поршня во вращательное движение и передачи крутящего момента через трансмиссию на исполнительный орган. Он имеет сложную (ступенчатую) форму.

Коленчатые валы изготавливаются из чугунов и сталей. Основными способами получения заготовок являются литьё и горяче-объёмная штамповка. Поверхность шеек должна иметь высокую твёрдость и шероховатость для обеспечения высокой износостойкости рабочих поверхностей. К точности изготовления также предъявляются большие требования: это диаметры коренных и шатунных шеек, радиусы кривошипов, биение, динамическая сбалансированность.

Основными видами нагрузки, которые испытывает коленчатый вал, являются: кручение и изгиб, от усилий, создаваемых поршнем и передающихся через шатун на шейки вала.

Коленчатый вал работает в условиях жидкостного трения, основной износ приходится на шейки вала. При достижении определённого значения износа шейки растачивают на очередной ремонтный размер. После последнего ремонта коленчатый вал либо бракуют, либо восстанавливают.

3.2.2 Виды дефектов

Тяжелые условия работы коленчатых валов (большие нагрузки, большая неравномерность скорости движения, крутильные колебания и усилия, возникающие в камере сгорания) предъявляют высокие требования к выбору посадок, чистоты поверхности и классов точности при их изготовлении и восстановлении. Эти условия работы вызывают и значительные износы шеек коленчатых валов.

Основными возможными дефектами коленчатого вала являются:

- износ коренных шеек;
- износ шатунных шеек;
- износ поверхности отверстия под подшипник первичного вала;
- износ поверхностей под упорные полукольца;
- износ, срыв резьбы под болты крепления маховика;
- деформация вала – изгиб, скручивание;
- задир, прижег коренных и шатунных шеек;
- наличие трещин по торцу крепления маховика

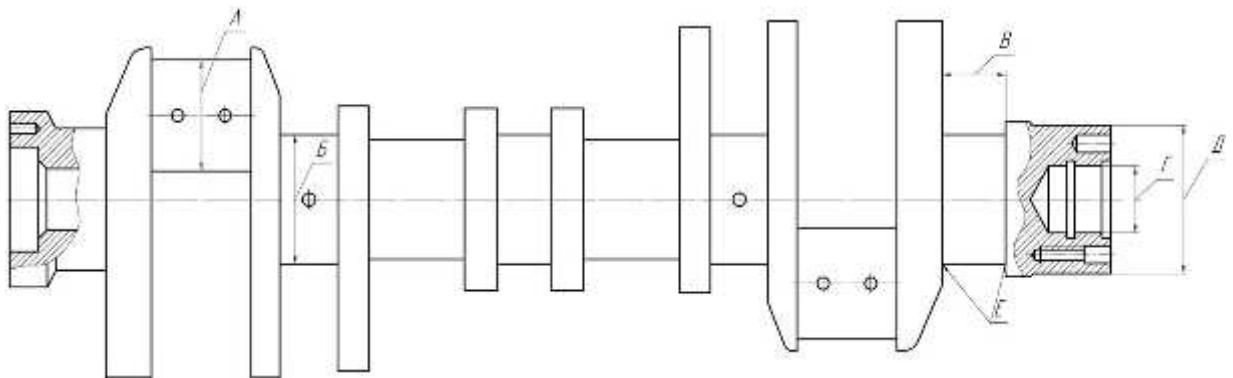


Рисунок 3.1 - Дефекты коленчатого вала автомобиля КамАЗ-740.

Перечисленные неисправности могут быть устранены. При наличии трещин, коленчатый вал не восстанавливают.

Биение устраняют выравниванием под прессом до допустимого значения.

При износе коренных и шатунных шеек их наплавляют, а затем шлифуют до номинального размера.

3.2.3 Основные способы восстановления коленчатых валов и выбор рационального способа восстановления

Наплавка в среде углекислого газа. Одним из главных преимуществ данного способа является его дешевизна. Так как в качестве защитной среды используется углекислый газ, который имеет низкую стоимость и доступен. Отпадает необходимость удаления шлака. Недостатками являются то, что

невозможно получить требуемую твёрдость покрытия, также при наплавке возможно получение пористого покрытия из-за окиси углерода, которая не успевает выделиться из жидкого металла. Для устранения недостатка применяют специальные электродные проволоки, содержащие кремний и марганец, что в свою очередь приводит к повышению себестоимости восстановления. Также при восстановлении данным способом происходят довольно большие потери электродного материала (8 ... 12%), снижение усталостной прочности достигает 10 ... 50% [].

Наплавка в среде водяного пара. Один из самых простых, легкодоступных и недорогих способов восстановления. В этом случае не требуется для защиты зоны горения дуги и сварочной ванны флюса или газа. Недостатком данного способа является то, что из-за насыщения расплавленного металла водородом и кислородом увеличивается пористость.

Дуговая наплавка под слоем флюса. Наплавкой под слоем флюса восстанавливают и упрочняют детали с достаточно большими износами (до 3 ... 5 мм) []. В процессе наплавки можно в широких пределах изменять физико-механические свойства наплавленного металла за счёт выбора соответствующих флюсов и электродных материалов. К существенным недостаткам способа относят: значительный нагрев детали и возникновение их термических деформаций; сложности, связанные с удалением шлаковой корки.

Вибродуговая наплавка. Это один из наиболее распространенных способов восстановления деталей на ремонтных предприятиях. Это обусловлено рядом его особенностей: Высокой производительностью (до 2,6 кг/ч); незначительный нагрев детали (до 100°C); отсутствием существенных структурных изменений поверхности детали []. Однако появление внутренних напряжений в наплавленном слое и возможность образования микротрещин вследствие интенсивного охлаждения приводят к снижению усталостной прочности детали, что ограничивает область

применения вибродуговой наплавки для деталей, работающих в условиях тяжелых, знакопеременных и ударных нагрузок.

Электроконтактная приварка металлических материалов.

Преимуществами данного способа являются отсутствие нагрева и деформации детали, малая глубина зоны термического влияния, универсальность – возможность использования в качестве присадочного материала стальной ленты, проволоки и порошков твёрдого сплава. Закалка слоя непосредственно в процессе приварки, повышение производительности в 2 ... 3 раза, и уменьшение расхода металла в 3 ... 4 раза по сравнению с дуговой наплавкой. Недостатком данного способа является то, что твёрдость слоя, полученного приваркой ленты и проволоки с подачей охлаждающей жидкости, неравномерная, что объясняется повторным термическим влиянием при перекрытии сварочных точек в рядках по винтовой линии и рядков между собой.

Плазменная наплавка. Достоинством плазменной наплавки являются возможность нанесения слоёв металла в большом диапазоне по толщине (от 0,2 до 5,00 мм) и имеющих высокую твёрдость и износостойкость благодаря высокой температуре плазменной струи, позволяющей расплавлять практически любые присадочные материалы. Незначительное тепловое воздействие на деталь, высокая производительность (5 ... 12 кг/ч) [], хорошее сцепление наплавленного слоя с основным металлом. Малые припуски на последующую механическую обработку, хорошее качество наплавленного слоя. Недостатком данного способа относят относительно высокую стоимость оборудования.

После проведения анализа основных способов восстановления коленчатых валов, выявления их преимуществ и недостатков можно сделать вывод, что наиболее предпочтительным способом является плазменная наплавка. Которая имеет высокую производительность, исключает необходимость дополнительной термической обработки. При плазменной

наплавке достигается хорошее сцепление наплавленного слоя с основным металлом детали.

3.3 Разработка ремонтного чертежа

Для удобства выполнения операции и обеспечения всестороннего подхода к детали закрепление производится в неподвижных центрах. Также приведена восстанавливаемая поверхность и условные обозначения зажима и опор. Нанесены размеры, которые должны выдерживаться при выполнении операций. Приведены необходимые технические требования при выполнении операций.

3.4 Разработка операционной карты наплавки коренных шеек

Операционная карта наплавочных работ приведена к операции 030-наплавки коренных шеек.

3.4.1 Расчет режимов наплавки

Определим скорость наплавки по формуле:

$$V_H = \frac{\alpha_H \times I}{h \times S \times \gamma}, \quad (3.1)$$

где α_H - коэффициент наплавки, ($\alpha_H = 10 \dots 13$ г/(А×ч), принимаем $\alpha_H = 12$ г/(А×ч) [];

I - сила тока, ($I = 200 \dots 230$ А, принимаем $I = 220$ А [];

h - толщина наплавленного слоя, мм;

S - шаг наплавки, ($S = 0,4 \dots 0,5$ см/об., принимаем $S = 0,45$ см/об. [];

γ - плотность наплавленного металла, (для порошковых твёрдых сплавов на железной основе $\gamma = 7,4$ г/см³ []).

Толщину наплавленного слоя определим по формуле:

$$h = \frac{I}{2} + z_1 + z_2, \quad (3.2)$$

где I - износ детали, мм;

z_1 - припуск на обработку перед покрытием, ($z_1=0,1 \dots 0,3$ мм, принимаем $z_1=0,2$ мм []);

z_2 - припуск на механическую обработку после нанесения покрытия, (при плазменной наплавке $z_2=0,6$ мм []).

Для коренных шеек:

$$h = \frac{2}{2} + 0,2 + 0,6 = 1,8 \text{ мм},$$

принимаем $h=2,00$ мм.

Тогда по формуле (3.1) скорость наплавки для коренных шеек равна:

$$V_H = \frac{12 \times 220}{2 \times 0,45 \times 7,4} = 396,39 \text{ см/ч} = 3,96 \text{ м/ч}.$$

Частоту вращения детали определим по формуле:

$$n = \frac{1000 \times V_H}{60 \times \pi \times d}, \quad (3.3)$$

где d - диаметр детали, мм.

Частота вращения по формуле (3.3) для коренных шеек будет равна:

$$n = \frac{1000 \times 3,96}{60 \times 3,14 \times 93} = 0,23 \text{ мин}^{-1}.$$

Расход порошка определяется по формуле:

$$Q = 0,1 \times V_H \times S \times h \times \gamma \times K_{\Pi}, \quad (3.4)$$

где K_{Π} - коэффициент, учитывающий потери порошка ($K_{\Pi}=1,15$ []).

Расход порошка для коренных шеек равен:

$$Q = 0,1 \times 396,39 \times \frac{1}{3600} \times 0,45 \times 2 \times 7,4 \times 1,15 = 0,08 \text{ г/с}.$$

3.4.2 Расчёт норм времени

Норма времени на выполнение наплавочных работ складывается из следующих составляющих:

$$T_H = T_O + T_{BC} + T_{доп} + \frac{T_{ПЗ}}{n}, \quad (3.5)$$

где T_O - основное время, мин;

T_{BC} - вспомогательное время наплавки, ($T_{BC}=2,0 \dots 4,0$ мин, принимаем $T_{BC}=3,0$ мин. []);

$T_{доп}$ - дополнительное время, мин;

$T_{ПЗ}$ - подготовительно-заключительное время, (принимаем $T_{ПЗ}=18,0$ мин, []);

n - количество наплавляемых деталей в партии, шт.

Основное время работы определим по формуле:

$$T_O = \frac{\pi \times d \times l}{1000 \times V_H \times S}, \quad (3.6)$$

где l - длина наплавляемой поверхности детали, мм.

Основное время работы наплавки коренных шеек равно:

$$T_O = \frac{3,14 \times 93 \times 90}{100 \times 396,39 \times 0,45} \times 60 = 88,4 \text{ мин.}$$

Дополнительное время рассчитывается по формуле:

$$T_{доп} = \frac{(T_O + T_{BC}) \times K}{100}, \quad (3.7)$$

где K - коэффициент, учитывающий долю дополнительного времени от основного и вспомогательного, ($K=13\%$) [].

Тогда дополнительное время будет равно:

$$T_{доп} = \frac{(88,4 + 14,6 + 3,0) \times 13}{100} = 13,8 \text{ мин.}$$

Количество деталей в партии определяют по формуле:

$$n = \frac{T_{пз}}{\alpha \times T_o}, \quad (3.8)$$

где α - коэффициент допустимых потерь на подготовительно-заключительное время (для ремонтных предприятий $\alpha=0,15 \dots 0,25$, принимаем $\alpha=0,20$ []).

Количество деталей в партии равно:

$$n = \frac{18,0}{0,2 \times 88,4} = 1,02 ,$$

принимаем $n=1$ шт.

Тогда норма времени на выполнение наплавочных работ будет равна:

$$T_H = 88,4 + 3,0 + 13,8 + \frac{18,0}{1} = 123,2 \text{ мин.}$$

3.5 Разработка маршрутной карты

Исходными данными для разработки маршрутной карты служит рабочий чертеж сборочной единицы изделия с указанием монтажных (установочных) и присоединительных размеров с предельными отклонениями, характер посадок в соединениях. Он должен содержать рациональную последовательность необходимых работ, технических указаний и требований, способы контроля и указания на применение необходимого оборудования.

Операция 005 Слесарная.

Устанавливают коленчатый вал в тисы. Отворачивают пробки грязеуловителей, удаляют грязь.

Операция 010 Моечная. Коленчатый вал укладывают в корзину и промывают раствором МЛ-51 ТУ 3.249-57 при помощи пароводоструйной установки в душевом устройстве при давлении 0,4 ... 0,6 МПа.

Операция 015 Дефектовочная.

Осмотр проводят на специальном дефектовочном столе ОРГ-1468-01-090А. Определяют значения износов коренных и шатунных шеек при помощи скобы 8111-08795Д. Если износ коренных шеек составил менее $93\pm 0,011$ мм или шатунных менее $78\pm 0,0095$ мм, то вал отправляют на восстановление. Если же износ не превысил допустимых значений, то вал растачивают на очередной ремонтный размер []. При наличии трещин на поверхности детали вал бракуется.

Операция 020 Шлифовальная.

Устанавливают коленчатый вал в центрах станка. Проводят предварительное шлифование коренных шеек до $\varnothing 93,00$ мм.

Операция 025 Шлифовальная.

Устанавливают коленчатый вал в центросместители. Проводят предварительное шлифование шатунных шеек до $\varnothing 78,00$ мм.

Операция 030 Наплавочная.

Устанавливают вал в патрон. Наплавляют на коренные шейки, при помощи установки плазменной наплавки УД-209, слой металла и доводят диаметр коренных шеек до 97,00 мм.

Операция 035 Наплавочная.

Устанавливают вал в центросместители. Наплавляют на шатунные шейки, при помощи установки плазменной наплавки УД-209, слой металла и доводят диаметр шатунных шеек до 82,00 мм.

Операция 040 Шлифовальная.

Устанавливают коленчатый вал в центрах станка. Проводят шлифование коренных шеек до $\varnothing 95,00\pm 0,011$ мм.

Операция 045 Шлифовальная.

Устанавливают коленчатый вал в центросместители. Проводят предварительное шлифование шатунных шеек до $\varnothing 80,00 \pm 0,0095$ мм.

Операция 050 Балансировочная.

Устанавливают коленчатый вал на балансировочную машину, определяют величину и угловое расположение динамического дисбаланса. Снимая металл со щек вала, устраняют дисбаланс.

Операция 055 Слесарная.

Устанавливают коленчатый вал в тисы. Заворачивают пробки грязеуловителей.

Операция 60 Контрольная.

Проверить поверхность коренных, шатунных шеек и поверхность под манжету на отсутствие отслоений, трещин, непроваров. Проверяют диаметры коренных, шатунных шеек и поверхности под манжету. Проверяют шероховатость восстановленных поверхностей.

4 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИП ЕГО РАБОТЫ

4.1 Устройство и принцип действия приспособления

Плазмотрон с устройством подачи электрода (см. лист ВКР 35.03.06.146.18 УПЭ.00.000.ВО графической части проекта) состоит из П-образного основания 9, с отверстиями для охлаждения и подачи плазмообразующего газа, которое с двух сторон закрыто крышками 7, которые также имеют отверстия для охлаждения. Каждая крышка 7 прикреплена к основанию четырьмя винтами 21. Подвод плазмообразующего газа и охлаждающей жидкости осуществляется через штуцеры 1. К корпусу 9 при помощи направляющей втулки 6 неподвижно соединена пластина 11. К пластине 11 прикреплены четыре направляющих 13, на которые при помощи винтов 19 жёстко крепится устройство подачи электрода. Устройство подачи электрода состоит из корпуса 2 в верхней части которого установлен винт 20 с контргайкой 22. Между направляющими 13, с возможностью осевого перемещения, установлена упорная шайба 3, на которой через уплотнительное кольцо 12 жестко закреплена державка 4 со вставленным в неё электродом 16. Упорная шайба с одной стороны поджата пружиной 15, с другой стороны прижата изолятором 5, который препятствует прохождению электрического тока от державки на корпус. Между направляющей втулкой 6 и основанием 9 имеется асбестовая набивка 24 для предотвращения выхода плазмообразующего газа через зазор.

Плазмотрон с устройством подачи электрода работает следующим образом.

Наплавляемая деталь устанавливается при помощи патрона и центра. Устанавливается необходимое расстояние между наплавляемой поверхностью детали и электродом 16, и зажигается дуга. После продолжительной работы

электрод 16 изнашивается и как следствие его длина уменьшается. При этом увеличивается и длина дуги из-за чего изменяются прочностные характеристики наплавленного слоя. Для исключения этих изменений электрод 16 подаётся винтом 20 в полость основания плазмотрона 9 тем самым, приводя расстояние между электродом 16 и наплавляемой поверхностью к первоначальному значению.

4.2 Расчет конструктивных элементов плазмотрона

4.2.1 Расчет пружины

Для рассчитываемой пружины подберём диаметр проволоки и определим жесткость, необходимую для удержания подвижной части, устройства автоматического регулирования длины дуги плазмотрона (рисунок 4.1).

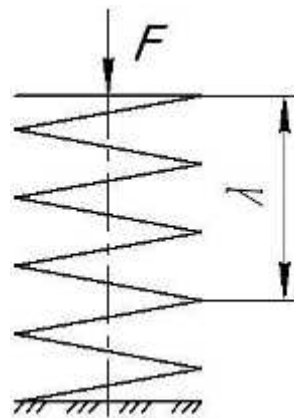


Рисунок 4.1 - Схема расчёта пружины.

При подборе жёсткости пружины воспользуемся законом Гука:

$$F = k \times x, \quad (4.1)$$

где k - жёсткость пружины, Н/м;

x - предварительная деформация, м.

Выражая жёсткость пружины, получим:

$$k = \frac{F}{x}. \quad (4.2)$$

Определим силу, которая действует на пружину:

$$F = m \times g, \quad (4.3)$$

где m - масса подвижной части, устройства подачи электрода, кг;

g - ускорение свободного падения, ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$) м/с^2 .

Для определения массы подвижной части, устройства подачи электрода, воспользуемся системой трёхмерного моделирования Компас 3d. Масса подвижной части составила 0,043 кг.

Зная массу, можем определить усилие, действующее на пружину:

$$F = 0,043 \times 9,81 = 0,42 \text{ Н}.$$

Определим жёсткость пружины (предварительная деформация в состоянии поставки составляет 0,002 м):

$$k = \frac{0,43}{0,002} = 210,00 \text{ Н / м}.$$

Для определения диаметра проволоки воспользуемся формулой определения осевого перемещения для пружины сжатия [1].

$$\lambda = \frac{8 \times F \times D^3 \times n}{G \times d^4}, \quad (4.4)$$

где F - сила, которая действует на пружину при перемещении λ , Н;

D - диаметр пружины, мм ($D = 13 \text{ мм}$, по конструкции);

n - количество рабочих витков пружины (принимая $n = 6$);

G - допускаемое напряжение для материала пружины, МПа

$$G = 0,3 \times 10^5 \text{ МПа [1]};$$

d - диаметр проволоки, мм.

Выражая диаметр проволоки, получим:

$$d = \sqrt[4]{\frac{8 \times F \times D^3 \times n}{\lambda \times G}}. \quad (4.5)$$

В данном случае усилие, которое будет действовать на пружину, будет равно:

$$F = 210,00 \times (0,002 + 0,011) = 2,73 \text{ Н}.$$

Подставляя значения, получим:

$$d = \sqrt[4]{\frac{8 \times 2,73 \times 13^3 \times 6}{11 \times 0,3 \times 10^5}} = 0,966 \text{ мм},$$

принимаем диаметр проволоки равным 1 мм.

4.2.2 Расчет винтов крепления крышки

Проведём проверочный расчёт винтов, которые крепят крышки плазмотрона к его корпусу (рисунок 4.2).

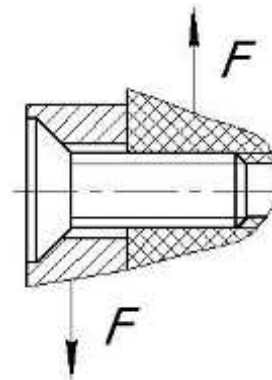


Рисунок 4.2 - Схема расчёта винта крепления крышки.

Воспользуемся формулой расчёта болтов на прочность []:

$$\sigma = \frac{1,3 \times F_{\text{зам}} \times 4}{\pi \times d_1^3}, \quad (4.6)$$

где $F_{\text{зам}}$ - усилие от затяжки болта, Н;

d_1 - внутренний диаметр резьбы, мм (для резьбы М4 $d_1 = d$) [].

Усилие от затяжки болта определим по формуле []:

$$F_{\text{зам}} = \frac{K \times F}{i \times f}, \quad (4.7)$$

где K - коэффициент запаса (при статической нагрузке $K=1,30 \dots 1,50$, принимаем $K=1,40$ [];

F - внешняя нагрузка, Н;

i - число плоскостей стыка;

f - коэффициент трения в стыке ($f=0,15 \dots 0,20$, для сухих стальных и чугунных поверхностей, принимаем $f=0,17$).

Вес крышки составляет 0,025 кг, тогда по формуле 4.3 нагрузка будет равна:

$$F = 0,025 \times 9,81 = 0,25 \text{ Н.}$$

Данная нагрузка приходится на четыре винта, а на один винт приходится нагрузка равная $F = 0,063 \text{ Н.}$

Определим усилие от затяжки болта:

$$F_{\text{зат.}} = \frac{1,40 \times 0,063}{1 \times 0,17} = 0,52 \text{ Н.}$$

Тогда напряжение возникающее в стержне болта будет равно:

$$\sigma = \frac{1,3 \times 0,52 \times 4}{3,14 \times 4^3} = 0,15 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение для материала винта составляет: $\sigma_{\text{д}} = 340 \text{ МПа.}$ [] с учётом коэффициента запаса $K_{\text{з}} = 4$ [] получим допускаемое напряжение для болта равное 85 МПа.

Рассчитываемый винт удовлетворяет условию прочности, следовательно, можно было бы принять винт с меньшим диаметром резьбы, но из-за опасности срыва резьбы при затяжке не рекомендуют применять резьбы меньшего диаметра.

4.2.3 Расчет неподвижной пластины

Неподвижная пластина является одновременно элементом, с которым взаимодействует электромагнит и элементом крепления плазмотрона к станине наплавочного станка (рисунок 4.3).

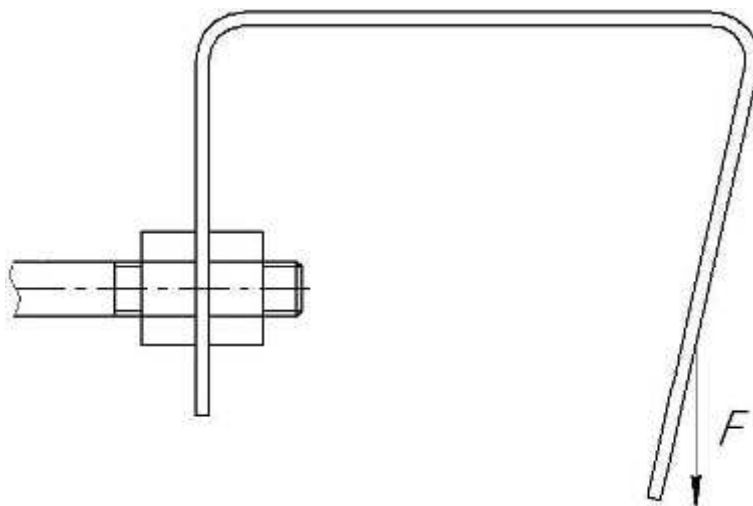


Рисунок 4.3 - Схема расчёта основания плазмотрона.

Масса плазмотрона составляет 0,175 кг, также примем массу шлангов подвода газа и воды равной 1,00 кг.

Определим максимальное напряжение для основания плазмотрона по формуле [1]:

$$\sigma = \frac{M_{изг.}}{W_x}, \quad (4.8)$$

где $M_{изг.}$ - максимальный изгибающий момент, действующий на основание, Н×мм;

W_x - момент сопротивления основания, $мм^3$.

Максимальный изгибающий момент определим по формуле:

$$M_{изг.} = F \times l, \quad (4.9)$$

где l - длина горизонтального участка основания, мм ($l=83$ мм).

По формуле (4.3) нагрузка на пластину будет равна:

$$F = (0,175 + 1,00) \times 9,81 = 11,53 \text{ Н}.$$

Тогда максимальный изгибающий момент, действующий на основание, будет равен:

$$M_{изг.} = 11,53 \times 83 = 957,00 \text{ Н} \times \text{мм}.$$

Момент сопротивления определим по формуле [1]:

$$W_x = \frac{b \times h^3}{6}, \quad (4.10)$$

где b - ширина основания, мм ($b=15$ мм);

h - толщина пластины, мм ($h=2$ мм).

$$W_x = \frac{15 \times 2^3}{6} = 20 \text{ мм}^3.$$

Тогда максимальное напряжение, возникающее в основании, будет равно:

$$\sigma = \frac{957,00}{20} = 47,85 \text{ МПа}.$$

Допускаемое напряжение для материала основания равно 340 МПа, коэффициент запаса прочности равен 7, что удовлетворяет требованиям.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

5.1 Обеспечение условий и безопасности труда на производстве

В ремонтных предприятиях, как правило, ответственность за организацию работ по охране труда на предприятии возлагается на генерального директора. Приказом генерального директора назначаются ответственные за состояние и организацию работ по охране, в структурных подразделениях (их руководители). Имеется штатная должность специалиста по охране труда, который координирует деятельность структурных подразделений по вопросам охраны труда и организует контроль за работой по созданию здоровых и безопасных условий труда [].

На предприятии режим труда и отдыха работников соблюдается в соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации []. Установлена нормальная продолжительность рабочего времени 40 часов в неделю. Имеется список производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда (участок восстановления изношенных деталей, участок ремонта ТНВД и др.), работа на которых даёт право на сокращённую продолжительность рабочего времени – 36 часов в неделю. Продолжительность ежегодных отпусков работников составляет 28 календарных дней. Летний сезон является наиболее напряжённым периодом года, при этом продолжительность рабочей смены увеличивается до 10 часов, либо работа производится в две смены.

Обучение работников охране труда на предприятии организуется в соответствии с Положением о профессиональной подготовке в области охраны труда в Республике Татарстан. Проводятся все виды инструктажей: вводный, первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой. Проведение инструктажей фиксируется в двух журналах: журнале регистрации вводного инструктажа и журнале регистрации инструктажа на рабочем месте. Вводный инструктаж проводится со всеми поступающими на работу независимо от их стажа работы, образования, должности, а также с командированными, учащимися и студентами, прибывшими на практику. Его

проводит специалист по охране труда. Первичный инструктаж на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой инструктажи проводят непосредственные руководители работ. Повторный инструктаж проводят не реже, чем через 6 месяцев. Целевой инструктаж проводят с работниками, в основном перед началом работ, на которые требуется наряд-допуск. На предприятии имеется кабинет по охране труда, в производственных подразделениях оборудованы уголки по технике безопасности.

Производственные помещения предприятия расположены с соблюдением санитарно-защитных зон и противопожарных разрывов. На случаи аварий или отключения электрической энергии имеется резервная линия электропередач, а также аварийное освещение в помещениях. На участках, где выделяются вредные вещества (пыль, аммиак, бензин, продукты горения), предусмотрена местная вентиляция. Освещенность производственных помещений соответствует требованиям СН и П 23-05-95.

На предприятии выдаются спецодежда и спецобувь на один летний сезон и на два зимних сезона. Работникам, занятым на участках, где выделяются вредные вещества, производится выдача молока.

На предприятии проводятся предварительный и периодический медицинские осмотры работников в соответствии с приказом Министерства здравоохранения и медицинской промышленности РФ № 90 от 14 марта 1996 года.

Пожарно-сторожевая охрана отсутствует, организована добровольная пожарная дружина. Для обеспечения пожарной безопасности имеются 30 огнетушителей ОХВП-10М, 10 огнетушителей ОВП-10, установлено шесть пожарных щитов.

Несмотря на мероприятия, проводимые по охране труда, имеют место случаи производственного травматизма работников.

Для снижения показателей травматизма нами предлагаются следующие мероприятия:

- внедрить систему материального стимулирования работников за безопасный труд;
- двери снабдить устройствами для самозакрывания, данное мероприятие осуществляется, чтобы избежать сквозняков и резкого охлаждения помещения.

В разделе 2 выпускной квалификационной работы выполнено проектирование участка плазменной наплавки. При планировании участка учитывались требования СН и П 11 –92-76, которые устанавливают нормируемое расстояние между оборудованием, ширину проходов:

- ширина прохода в помещении между стеллажами, полками, шкафами должна быть не менее 1 метра;
- расстояние между стеной и станком необходимо устанавливать не менее 0,8 м, а при расположении между ними рабочего - не менее 1,2 м.

В разделе 4 выпускной квалификационной работы разработано приспособление для плазмотрона, осуществляющее подачу электрода.

Станок для плазменной наплавки деталей должен находиться в исправном состоянии. Корпус станка заземляют. При наплавке в зоне горения дуги температура доходит до 15 000 °С, в связи с чем возникает необходимость защиты от случайного прикосновения работником к наплавляемой детали или плазмотрону. Для этого устанавливается сетчатое защитное ограждение, с размерами ячеек не более 10 мм (рисунок 5.1).

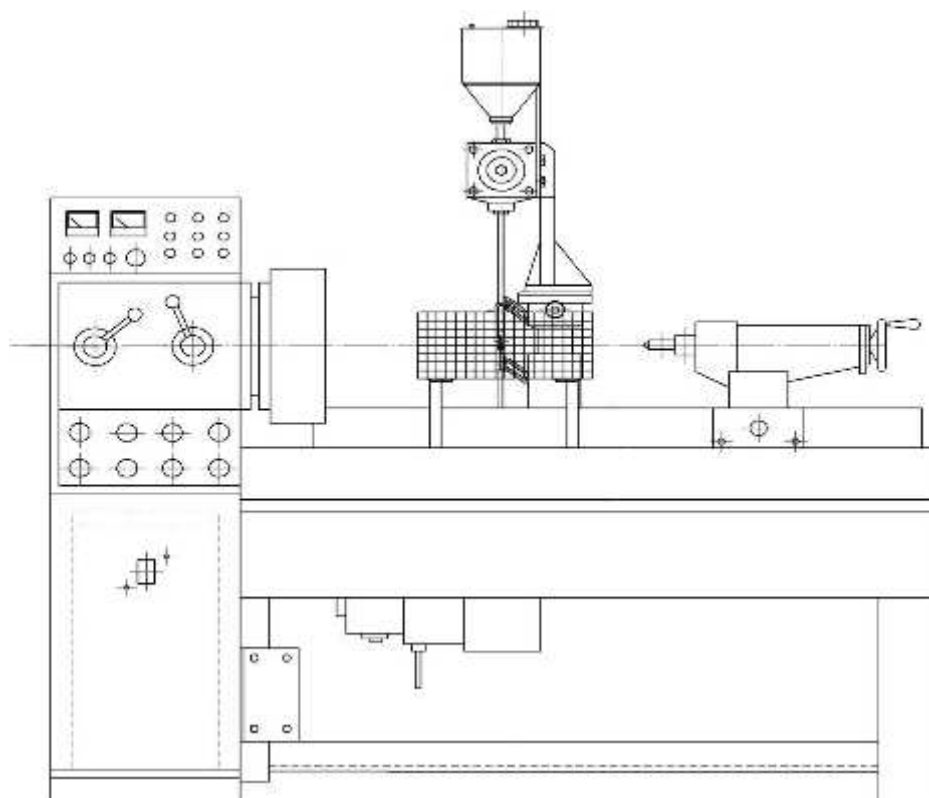


Рисунок 5.1 - Наплавочный станок УД-209 с защитным ограждением.

Для ионизации горячей дуги используется аргон, который подаётся в плазмотрон под давлением 0,5 МПа, для этого на баллон с газом устанавливается редуктор, отрегулированный на рабочее давление и манометр для контроля. Манометр испытывают на прочность гидравлическим давлением 0,98 МПа. Также для охлаждения корпуса плазмотрона предусмотрена система охлаждения, которая питается от водопровода, давление воды не должно превышать 0,2 МПа. С этой целью также устанавливаются редуктор, отрегулированный на рабочее давление, и манометр. Шланги подвода газа и водопроводной воды должны быть герметичны, не перегибаться и не иметь порезов. В случае повреждения шланг заменяется на аналогичный. Замена на шланг с меньшим рабочим давлением не допускается. Газопроводы, арматуру и приборы для своевременного обнаружения и устранения утечек газов и других дефектов необходимо осматривать не реже одного раза в смену.

Питание электрической дуги осуществляется от сварочного трансформатора. Изоляция проводов не должна иметь надломов, порезов и оголенных мест. Провода крепятся таким образом, чтобы исключалось их перетирание; их соединяют горячей пайкой или с помощью муфт с изолирующей оболочкой. Присоединение проводов должно быть надёжным и осуществляться механическими зажимами.

Для работы на станках допускаются лица, не моложе 18 лет, прошедшие: медицинский осмотр, специальное обучение, проверку знаний, первичный инструктаж и получившие удостоверение. Лица, имеющие перерыв в работе более трех лет, а с повышенной сложностью – более 12 месяцев, должны пройти обучение и проверку знаний по безопасности труда до начала самостоятельной работы.

Работающий должен пользоваться спецодеждой и средствами индивидуальной защиты (очки, респираторы, сварочные маски и т.д.). Применяемый инструмент и приспособления должны быть исправными, не изношенными и отвечать безопасным условиям труда. До начала работы проверяют наличие и исправность ограждений, заземляющих, предохранительных устройств и охлаждающей жидкости, устройств для крепления деталей.

5.2 Мероприятия по охране окружающей среды

В результате хозяйственной деятельности человека происходит множество негативных процессов, приводящих к загрязнению окружающей среды, истощению природных ресурсов и их разрушению.

Основными источниками загрязнения окружающей среды на предприятии являются:

- выхлопные газы автотранспортных двигателей;
- вещества, выбрасываемые при сварочных, наплавочных и кузнечных работах (пыль, угарный газ);
- сточные воды, используемые при мойке машин, деталей и узлов;

- отработавшие газы котельной установки;
- промышленные отходы;
- горюче-смазочные материалы, сливаемые из систем тракторов и автомобилей.

Для улучшения экологической обстановки в ремонтном предприятии необходимо провести следующие мероприятия:

- дополнительно озеленить территорию, оборудовать газоны, в результате чего, за счет поглощения растениями углекислого газа и выделения кислорода будет частично компенсировать вред, нанесенный выхлопными газами;
- для очистки сточных вод установить емкости-отстойники, осадок удалять при помощи погрузчиков и автомашин, очищать сточные воды при помощи специальных растворов-нейтрализаторов;
- совершенствовать систему пыле-газоудаления, установленную над наплавочными и сварочными станками.
- отработанные горюче-смазочные материалы нужно собирать в специальные баки, после чего отправить на переработку, предварительно заключив договора с нефтеперерабатывающими организациями;
- производственные отходы собирать в специальные металлические контейнеры и отправлять в отсортированном виде в пункты приема вторичного сырья.

5.3 Мероприятия по защите населения и материальных ценностей в чрезвычайных ситуациях

Газопроводы и нефтепроводы через территорию предприятия не проходят. Но не исключается возможность возникновения ураганных ветров и массовых пожаров в наиболее жаркие периоды года, которые могут привести к чрезвычайным последствиям. Вероятность пожаров и взрывов увеличивается еще и тем, что на предприятии имеется склад нефтепродуктов.

Для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций необходимо разработать план мобилизации служб предприятия, в котором указывают способ оповещения, место сбора, действия соответствующих служб и прочее.

Для тушения пожаров организована добровольная пожарная дружина из числа работников предприятия. Члены добровольной пожарной дружины распределяются по отрядам: тушения, водоснабжения, защиты и охраны.

Отряд тушения обеспечивает спасение людей, эвакуацию имущества, а при необходимости из соседнего здания.

Отряд водоснабжения обеспечивает бесперебойную подвозку воды к пожарным насосам, если они не установлены на водоемах, и обслуживают ручные пожарные насосы. Источником водоснабжения является водонапорная башня.

Отряд защиты выполняет работу по защите от загорания объектов (зданий, сооружений, складов и др.), расположенных вблизи места пожара. Этот отряд в случае необходимости разбирает непрочные конструкции соседних зданий и строений для того, чтобы создать между ними разрыв.

Отряд охраны помогает отряду тушения пожара при эвакуации имущества в безопасные места и обеспечивает их охрану.

Для оказания первой медицинской помощи в случае чрезвычайных ситуаций предлагается создать санитарную дружину, членов которой обучить приемам оказания доврачебной помощи.

Для эвакуации работающих на предприятии людей можно использовать автомобильный транспорт самого предприятия.

На случай ураганных ветров, которые могут вызвать перерывы электроснабжения необходимо создать ремонтные бригады для проведения аварийно-спасательных работ.

В случае возникновения чрезвычайных ситуаций, население можно оповестить по местному радио или посредством телефонной связи.

Для предупреждения разрушительного действия чрезвычайных ситуаций, рекомендуется улучшить состояние имеющихся дорог и проездов.

5.4 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве - важный фактор ускорения производительности труда.

С учетом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шоферы, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других - со сложной координацией движений и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений., Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

6.1 Экономическое обоснование устройства для подачи электрода

Затраты на изготовление и модернизацию устройства для подачи электрода определяют по формуле:

$$C_{\text{ц.констр.}} = C_{\text{к}} + C_{\text{о.д}} + C_{\text{п.д}} \cdot K_{\text{нац}} + C_{\text{сб.п}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{накл}}, \quad (6.1)$$

где $C_{\text{к}}$ – стоимость изготовления корпусных деталей, руб.;

$C_{\text{о.д}}$ – затраты на изготовление оригинальных деталей, руб.;

$C_{\text{п.д}}$ – цена покупных деталей, изделий, агрегатов по прейскуранту;

$C_{\text{сб.п}}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на сборке устройства для подачи электрода, руб.;

$C_{\text{оп}}$ – общепроизводственные накладные расходы на изготовление устройства для подачи электрода, руб.;

$C_{\text{накл}}$ – накладные расходы, руб.;

$K_{\text{нац}}$ – коэффициент, учитывающий разницу между прейскурантной ценой и балансовой стоимостью устройства для подачи электрода ($K_{\text{нац}}=1,4\dots1,5$).

Стоимость изготовления корпусных деталей устройства для подачи электрода определяют по формуле:

$$C_{\text{к}} = Q_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{к.д}}, \quad (6.2)$$

где $Q_{\text{п}}$ – масса материала, израсходованного на изготовление корпусных деталей устройства для подачи электрода, кг.;

$\text{Ц}_{\text{к.д}}$ – средняя стоимость 1 кг готовых деталей, руб.

$$C_{\text{к}} = 26 \times 80 = 2080 \text{ руб.}$$

Затраты на изготовление оригинальных деталей устройства для подачи электрода определяют по формуле:

$$C_{\text{о.д}} = C_{\text{зп}} + C_{\text{м}}, \quad (6.3)$$

где $C_{\text{зп}}$ – заработная плата производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей, руб.;

C_m – стоимость материала заготовок для изготовления оригинальных деталей, руб.

Зарботную плату производственных рабочих, занятых на изготовление оригинальных деталей устройства для подачи электрода определяют по формуле:

$$C_{\text{зп}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{доп}} + C_{\text{соц}}, \quad (6.4)$$

где $C_{\text{пр}}$ – основная заработная плата, руб.;

C_d – дополнительная заработная плата, руб.;

$C_{\text{соц}}$ – начисления по социальному страхованию, руб.

Основную заработную плату определяют по формуле:

$$C_{\text{пр}} = Z_{\text{ч}} \cdot T_{\text{ср}} \cdot K_t, \quad (6.5)$$

где $T_{\text{ср}}$ – средняя трудоемкость на изготовление оригинальных деталей, чел.·час;

$Z_{\text{ч}}$ – часовая ставка рабочих, руб.;

K_t – коэффициент учитывающий доплаты к основной зарплате, ($K_t=1,025 \dots 1,03$).

$$C_{\text{пр}} = 110 \times 21 \times 1,03 = 2379 \text{ руб.}$$

Дополнительную заработную плату определяют по формуле:

$$C_{\text{доп}} = \frac{5 \dots 12}{100} \cdot C_{\text{пр}}. \quad (6.6)$$

Начисления по социальному страхованию определяют по формуле:

$$C_{\text{соц}} = \frac{4,4 \cdot C_{\text{пр}} + C_d}{100}. \quad (6.7)$$

$$C_{\text{зп}} = 2379 + 238 + 115 = 2732 \text{ руб.}$$

Стоимость материала заготовок определяют по формуле:

$$C_m = \Pi \cdot Q_3, \quad (6.8)$$

где Ц – цена 1 кг материала заготовок, руб.;

Q_3 – масса заготовки, кг.

Массу заготовки определяют из выражения:

$$Q_3 = \frac{Q_d}{K_3}, \quad (6.9)$$

где Q_d – масса детали, кг;

—

$$C_m = 25 \times 3,5 = 87,5 \text{ руб.}$$

$$C_{од} = 2732 + 87,5 = 2820 \text{ руб.}$$

K_3 – коэффициент использования массы заготовки ($K_3 = 0,29 \dots 0,99$).

Зарботную плату производственных рабочих, занятых на сборке устройства для подачи электрода определяют по формуле:

$$C_{зп.сб.п} = C_{сб} + C_{д.сб} + C_{соц.сб}, \quad (6.10)$$

где $C_{сб}$, $C_{д.сб}$, $C_{соц.сб}$ – соответственно, основная и дополнительная зарплата, начисления по социальному страхованию, руб.

Основную зарботную плату рабочих, занятых на сборке устройства для подачи электрода определяют по формуле:

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{п} \cdot K_t, \quad (6.11)$$

где $T_{сб}$ – трудоемкость на сборку устройства для подачи электрода, чел.·час.

$$C_{сб} = 28 \times 110 \times 1,03 = 3172 \text{ руб.}$$

Дополнительную зарботную плату определяют по формуле:

$$C_{д.сб} = \frac{5 \dots 12}{100} C_{сб}. \quad (6.12)$$

—

Начисления по социальному страхованию определяют по формуле:

$$C_{соц.сб} = \frac{4,4}{100} C_{сб} + C_{д.сб}. \quad (6.13)$$

$$C_{\text{зп.сб.п}}=3172+317+153=3642 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы на изготовление устройства для подачи электрода определяют по формуле:

$$C_{\text{оп}} = \frac{C_{\text{пр}}^1 \cdot \Pi_{\text{оп}}}{100}, \quad (6.14)$$

где $C_{\text{пр}}^1$ – основная заработная плата рабочих, участвующих в изготовлении устройства для подачи электрода, руб.;

$\Pi_{\text{оп}}$ – процент общепроизводственных расходов, ($\Pi_{\text{оп}} = 69,5$).

$$C_{\text{констр}}=2080+2820+19000 \cdot 1,5+3642+1931=38973 \text{ руб.}$$

Таблица 6.1 - Исходные данные для расчета технико-экономических показателей устройства для подачи электрода.

№ п/п	Наименование	Ед.измерения	Знач. показателя	
			исходный	проектир.
1	Масса устройства для подачи электрода	кг	40	45
2	Балансовая стоимость	руб.	35600	38973
3	Количество обслуживающего персонала	Чел.	1	1
4	Разряд работы	разряд	4	4
5	Тарифная ставка	руб./чел.ч	110	110
6	Норма амортизации	%	13	13
7	Норма затрат на ремонт и техническое обслуживание	%	8	8
8	Годовая загрузка дозатора для наплавки под слоем флюса	ч	300	300
9	Время 1 цикла	ч	0,8	0,5

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как X_0 , а проектируемого как X_1 .

Расчет технико-экономических показателей по обоим вариантам проводится в такой последовательности:

на стационарных работах периодического действия:

$$W_{\text{ч}} = \frac{60 \cdot q \cdot \gamma \cdot \tau}{T_{\text{ц}}}, \quad (6.15)$$

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

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

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \cdot$$

Металлоемкость процесса определяют по формуле:

$$M_{\text{е}} = \frac{G}{W_{\text{з}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}}, \quad (6.16)$$

где G – масса устройства для подачи электрода, кг;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка устройства для подачи электрода, час;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы устройства для подачи электрода, лет.

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Фондоемкость процесса определяют по формуле:

$$F_{\text{е}} = \frac{C_{\text{б}}}{W_{\text{з}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (6.17)$$

где $C_{\text{б}}$ – балансовая стоимость устройства для подачи электрода, руб.

$$\frac{\text{---}}{\text{---}}$$

Трудоемкость процесса находят из выражения:

$$T_{\text{е}} = \frac{n_{\text{р}}}{W_{\text{з}}}, \quad (6.18)$$

где n_p – количество рабочих, чел.

—

—

Энергоемкость процесса находят из выражения:

—

(6.19)

где N_e – мощность потребляемая установкой.

—

кВт/ед.

—

0,83 кВт/ед.

Себестоимость работы определяют по формуле:

$$S = C_{\text{зп}} + C_{\text{э}} + C_{\text{рто}} + A \quad (6.20)$$

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

$$C_{\text{зп}} = Z \cdot T_e, \quad (6.21)$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_{\text{э}} = C_{\text{э}} \cdot \Delta_e, \quad (6.22)$$

где $C_{\text{э}}$ – комплексная цена электроэнергии, руб./кВт.

$$C_{\text{э1}} = 2,88 \times 1,36 = 3,9 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{э2}} = 2,88 \times 0,83 = 2,4 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

$$C_{\text{рто}} = \frac{C_{\text{б}} \cdot H_{\text{рто}}}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (6.23)$$

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

—

Амортизационные отчисления по конструкции определяют по формуле:

$$A = \frac{C_{\text{б}} \cdot a}{100 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}}, \quad (6.24)$$

где a – норма амортизации %.

Приведенные затраты определяют по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \cdot F_{\text{е}} = S + E_{\text{н}} \cdot k, \quad (6.25)$$

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

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

k – удельные капитальные вложения, руб./ед.

Годовую экономию определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = S_0 - S_1 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}. \quad (6.26)$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$E_{\text{год}} = C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1 \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}}.$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяют по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б1}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}}, \quad (6.27)$$

где $C_{б1}$ – балансовая стоимость спроектированного устройства для подачи электрода, руб.

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

$$E_{эф} = \frac{\mathcal{E}_{год}}{C_б}. \quad (6.28)$$

$$E_{эф} = \frac{25596}{38973} = 0,6.$$

Таблица 6.2 – Сравнительные технико-экономические показатели эффективности устройства для подачи электрода.

№ п/п	Наименование показателей	Базовый	Проект
1	Часовая производительность, ед./ч.	1,1	1,8
2	Фондоемкость процесса, руб./ед.	108	72
3	Энергоемкость процесса, кВт/ед.	1,36	0,83
4	Металлоемкость процесса, кг./ед.	0,020	0,016
5	Трудоемкость процесса, чел*ч./ед.	0,9	0,55
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед.	125,5	78,1
7	Уровень приведенных затрат, руб./ед.	141,7	88,9
8	Годовая экономия, руб.	-	25596
9	Годовой экономический эффект, руб.	-	28512
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	-	1,5
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	-	0,6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе разработаны мероприятия по восстановлению деталей в условиях научно-производственного центра «ООО СПЦ Ресурс» кафедры «Эксплуатации и ремонта машин» Казанского аграрного университета.

Разработанная технология восстановления деталей с помощью плазмотрона позволяет снизить себестоимость ремонта. Этому способствует также разработанная конструкция устройства для подачи электрода. Все технологические и конструктивные решения обоснованы инженерными расчетами.

Предлагаемые мероприятия по обеспечению безопасных условий труда и экологичности производства способствуют улучшению работы производственных рабочих.

Технико-экономические расчеты показали целесообразность разрабатываемых мероприятий. Срок окупаемости капитальных вложений на организацию и внедрение технологии ремонта автотракторных двигателей в условиях инновационного научно-производственного центра составляет года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адигамов Н.Р. Методическое пособие к курсовой работе по дисциплине «Ремонт машин» [Текст] / Н.Р. Адигамов, Т.Н. Вагизов, И.Х. Гималтдинов - Казань «Казанский ГАУ», 2013. – С 40.
2. Адигамов Н.Р. Методические указания по выполнению выпускной квалификационной работе бакалавров. [Текст] / Н.Р. Адигамов, Г.И. Кондратьев, Г.Р. Муртазин, Р.Р. Шайхутдинов., Т.Н. Вагизов., И.Х. Гималтдинов, Р.Р. Ахметзянов // метод. Указания – Казань «Казанский ГАУ», 2015.-60с.
3. Булгариев Г.Г., Методические указания по выполнению экономической части дипломного проекта для студентов-очников специальности 110304 – «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК» [Текст] / Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов, А.Р. Валиев // - Казань «Казанский ГАУ», 2006.
4. Кондратьев Г.И., Методические указания для практических и самостоятельных работ по дисциплине «Методы расчета надежности технических систем» [Текст] / Г.И. Кондратьев, Р.Р. Шайхутдинов // метод. Указания – Казань «Казанский ГАУ», 2015.-44с.
5. Киямов И.М., Расчет сварных и резьбовых соединений [Текст] / И.М. Киямов, Яхин С.М. // методические указания для выполнения домашнего задания по деталям машин и основам конструирования - Казань, КГСХА, 2004
6. Шамсутдинов Ф.А. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине “Детали машин и основы конструирования” [Текст] / Ф.А. Шамсутдинов, Г.В. Пикмуллин // - Казань: КГАУ, 2015. С 142
7. Мудров А.Г. Методические указания к разработке сборочного чертежа курсового проекта по Деталям машин и основам конструирования [Текст] / А.Г. Мудров // - Казань, КГАУ, 2010. С 80.
8. Мудров А.Г. Методические указания к выполнению рабочих чертежей по курсовому проектированию “Детали машин и основы

конструирования» [Текст] / А.Г. Мудров // - Казань, КГАУ, 2011. С 68.

9. Гулиа Н.В. Детали машин [Текст] / Н.В.Гулиа, В.Г.Клоков, С.А.Юрьев // 2010 (ЭБС «Лань» ISBN-978-5-8114-1091-0), 2-е изд.-416 с.

10. Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования [Текст] / Чернилевский Д.В. // М.: Машиностроение, 2006. С 656.

11. Берлинов М.В. Расчет оснований и фундаментов [Текст] / М.В. Берлинов, Б.А.Ягупов. // (ЭБС «Лань», 2011, 1-е изд.-288 с.).

12. Маталин, А.А. Технология машиностроения [Текст] / А.А. Маталин // (ЭБС «Лань», 2010, 512 с).

13. Курмаз Л.В., Детали машин. Проектирование [Текст] / Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда // Справочное учебно-методическое пособие. - М.: Высшая школа, 2005. С309.

14. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] / Дунаев П.Ф. Леликов О.П. - М.: Высшая школа, 2005. С 447.

15. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. [Текст] / В.В. Шелофаст – М.: Изд-во АПМ, 2005.-472 С.

16. Сигаев Е.А. Соппротивление материалов. [Текст] / Е.А. Сигаев - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2002. С 227.

17. Леонов О. А. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] / О. А. Леонов, В. В. Карпузов, Н. Ж. Шкаруба // - М.: Колос, 2009. – С 568.

18. Богатырев А.В. Тракторы и автомобили [Текст] / А.В Богатырев, В.Р. Лехтер // Учебник - М. Колос, 2008. С392.

19. Пучин Е.А. Технология ремонта машин [Текст] / Е.А. Пучин, О.Н. Дидманидзе, В.С. Новиков // учебник для вузов – Москва УМЦ «ТРИАДА».- Т.1, 2006.- С 348.

20. Черноиванов В.И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. [Текст] / В.И. Черноиванов В.В. Бледных, А.Э. Северный и др. // Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ – изд. 2-ое перераб. и доп. – М.:, 2003 г. – С 992.

21. Яговкин А.И. Организация производства технического обслуживания и ремонта машин [Текст] / А.И. Яговкин. // учебн. пособие для студ. высш. учебн. заведений 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2008. - С 400.

22. Варнаков В.В. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения. [Текст] / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. // М.: Колос, 2000. С 256.

23. Курчаткин В.В. Оборудование ремонтных предприятий. [Текст] / В.В. Курчаткин, К.А. Ачкасов, Н.Ф. Тельнов, и др.; Под редакцией В.В. Курчаткина // М.: Колос, 1999. С 232.

24. Алексеев, В.П. Основы научных исследований и патентование [Электронный ресурс]: учебник / В.П. Алексеев, Д.В. Озеркин. — Электрон. дан. — М.: ТУСУР (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники), 2012. — 172 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4938.

25. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности [Текст] / С.В.Белов, В.А.Девисилов, А.В.Ильницкая и др. // Учебник для вузов. Под общей ред. С.В.Белова. -8-е издание – М.: Высшая школа, 2009. С 616.

26. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник [Текст] / В.А. Девисилов - 4-е издание перераб. и доп. // – М.: Форум, 2009. С 496.

27. Курдюмов В.И. Проектирование и расчет средств обеспечения безопасности [Текст] / В.И. Курдюмов, Б.И. Зотов. // М. Колос, 2005. С 216.

28. Кукин П.П. Безопасность жизнедеятельности. [Текст] / П.П.Кукин, В.Л.Лапин, Н.Л.Пономарев. // Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2007. – С 335.

29. Хейфец А.Л. Инженерная 3Д-компьютерная графика [Текст] / А.Л. Хейфец, А. Н. Логиновский, И.В. Буторина, В.Н. Васильева // учебное пособие для бакалавров; под ред. А. Л. Хейфеца. - 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во Юрайт, 2011. – С 464.