

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование для восстановления  
распределительных валов грузовых автомобилей

Студент

Ю.С. Никоноров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент О.В. Шашкин

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

## Аннотация

Эксплуатация машин и механизмов делает необходимым проведение мероприятий по повышению работоспособности и восстановлению деталей машин. В связи с этим актуальными являются вопросы, связанные с ремонтными технологиями и обеспечению эксплуатационной надёжности элементов техники. При этом необходимость обеспечения запасными частями становится определяющим фактором, влияющим на конкурентоспособность того или иного предприятия.

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – разработка технологии и организация участка по восстановлению распределительных валов грузовых автомобилей.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали,
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов.

Рассчитан годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы для восстановления деталей машин.

## Содержание

Введение . . . . .	4
1 Анализ современного состояния восстановления распределительных валов грузовых автомобилей. . . . .	7
1.1 Условия работы и дефекты распределительных валов. . . . .	7
1.2 Сведения о материале детали. . . . .	10
1.3 Обоснование выбора способ восстановления. . . . .	12
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы . . . . .	20
2 Проектная технология восстановления распределительного вала. . . . .	22
2.1 Описание установки для плазменной наплавки. . . . .	22
2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки. . . . .	25
2.3 Назначение параметров режима плазменной наплавки. . . . .	28
3 Безопасность и экологичность технического объекта. . . . .	31
3.1 Технологическая характеристика объекта . . . . .	31
3.2 Идентификация профессиональных рисков . . . . .	32
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков. . . . .	34
3.4 Обеспечение пожарной безопасности . . . . .	36
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства . . . . .	38
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений. . . . .	41
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов. . . . .	41
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования. . . . .	44
4.3 Расчет штучного времени . . . . .	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии. . . . .	45
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям. . . . .	50
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности. . . . .	52
Заключение . . . . .	55
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	56

## Введение

Эксплуатация машин и механизмов делает необходимым проведение мероприятий по повышению работоспособности и восстановлению деталей машин. В связи с этим актуальными являются вопросы, связанные с ремонтными технологиями и обеспечению эксплуатационной надёжности элементов техники. При этом необходимость обеспечения запасными частями становится определяющим фактором, влияющим на конкурентоспособность того или иного предприятия. В этих условиях от возможности организации своевременной замены и восстановления изношенных деталей машин зависит работоспособность и экономическая эффективность всего предприятия.

Как показывает практика автотранспортных предприятий, порядка 75 % изношенных деталей механизмов могут продолжать эксплуатироваться при условии обеспечения их соответствующего ремонта. Большая часть выбракованных деталей машин должны поступать не на утилизацию, а в дальнейшее использование по назначению, так как являются ремонтпригодными. В связи с этим экономически оправданными является организация на предприятиях ремонтных служб, позволяющих снизить расходы на приобретение новых запасных частей.

Типовой деталью, использование которой после ремонта эффективно, является распределительный вал грузового автомобиля. В процессе эксплуатации происходит его интенсивное изнашивание, однако существующие технические средства позволяют выполнить его восстановление и запустить в дальнейшую эксплуатацию.

Решение вопроса построения технологии восстановления распределительных валов имеет существенное хозяйственное значение. Выпуск деталей машин отечественными предприятиями снизился в 20...30 раз, а приобретение деталей за рубежом приводит к расходованию валюты.

Выбор оптимальной технологии восстановления распределительных валов может быть признан актуальной задачей. Решение её в условиях дефицита запасных частей и недостатка средств позволит снизить простои машин, а также сберечь трудовые и финансовые ресурсы [5].

Восстановление поверхности кулачков распределительных валов является одной из самых сложных операций, проводимой в процессе ремонта деталей газораспределительных механизмов двигателя внутреннего сгорания. Экономические сложности не позволили широко распространить восстановительные технологии на предприятиях России.

Газотермическое напыление нашло некоторое применение, однако эта технология не может получить значительного распространения из-за своей дороговизны (в основном, высокая стоимость материалов). Как показала практика, стоимость распределительного вала после восстановления газотермическим напылением составляет 50...60 % стоимости приобретения нового вала [7]. Также следует отметить низкую когезионную и адгезионную прочность нанесённого при помощи газотермического напыления покрытия, а также его низкую его усталостную прочность [12].

Применение лазерных технологий при восстановлении распределительных валов позволяет повысить эксплуатационные качества изделий. Однако из-за низкого КПД и энергоёмкости процесса эти технологии не получили широкого распространения..

В число перспективных технологий, которые могут быть применены при восстановлении распределительных валов, входит плазменное нанесение покрытий. Этот способ позволяет использовать относительно недорогие порошковые сплавы и обеспечить высокий срок службы восстановленных деталей [23].

В настоящее время расширяется область применения плазменной наплавки при восстановлении деталей машин, которой посвящены работы российских учёных (Н.М. Ожегов, В.М. Кряжнов, Н.Н. Подлекарёв, И.С. Левитский, М.М. Севернёв, А.И. Сидоров). Наименьшие трудности

встречает плазменная наплавка при восстановлении деталей цилиндрической формы, однако поверхность кулачков распределительных валов отличается от цилиндрической. Это усложняет применение плазменных технологий.

Выбор технологии восстановления распределительного вала определяет стоимость проведения работ, эффективность внедрения технологии реновации и эксплуатационные характеристики восстановленных деталей. При обосновании выбора плазменной наплавки в качестве технологии восстановления следует учесть, что плазменные технологии позволяют применять различные сочетания наплавочных порошков. Это делает возможным получение восстановленных поверхностей с уникальными свойствами в сочетании с минимальным тепловым воздействием на основной металл вала [15].

**Целью выпускной квалификационной работы** является разработка технологии и организация участка по восстановлению распределительных валов грузовых автомобилей.

Достижение поставленной цели предполагает проведение поиска и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности восстановления распределительных валов двигателей внутреннего сгорания.

# **1 Анализ современного состояния восстановления распределительных валов грузовых автомобилей**

## **1.1 Условия работы и дефекты распределительных валов**

Распределительный вал, представленный на рисунке 1, изготовлен из стали 45 или аналогов стали 45. Для наиболее нагруженных элементов вала, к которым относят эксцентрики, шестерни и опорные шейки, проводят поверхностную закалку с применением токов высокой частоты, которую выполняют на глубину 2...5 мм. При этом твёрдость поверхности после обработки составляет  $HRC_3=40...56$  для шестерён и  $HRC_3=52...62$  для других элементов вала.

Поскольку распределительный вал имеет заложенную в него первоначально малую конструктивную жёсткость, то в процессе работы он подвергается действию переменных нагрузок, которые разнесены по его длине. Также следует учитывать, что прилагаемые нагрузки имеют угловое смещение относительно друг друга, что приводит к образованию в вале не только изгибающих усилий, но и крутящего момента. Кроме того, при работе поверхности вала испытывают значительные контактные давления по площадке касания «кулачок-толкатель».

На распределительных валах обнаруживаются такие дефекты, как:

- износ опорных шеек,
- износ кулачков,
- износ шейки под распределительную шестерню,
- изгиб,
- повреждение резьбы и шпоночной канавки.

Если в результате проведённых замеров установлено, что поверхность опорных шеек изношена на 0,1...0,4 мм, то такой вал подлежит восстановлению. Износ кулачков происходит, главным образом, на области примыкания к вершине, при износе 0,2...1,4 мм вал подлежит восстановлению.



Резьбовая поверхность вала при выкрашивании или срыве более двух ниток резьбы также должна быть восстановлена. В случае, если изгиб вала превышает 0,1...0,15 мм, следует провести правку вала. Восстановление шпоночного паза проводят при его износе более 0,07...0,09 мм.

В таблице 1 представлены сведения по дефектам валов длительно эксплуатируемых грузовых автомобилей.

Таблица 1 – Дефекты распределительных валов длительно эксплуатируемых автомобилей

Наименование дефекта	Коэффициент повторяемости для различных двигателей				
	ЯМЗ-238	СДМ-60	ЗМЗ-53	ЗИЛ-130	КамАЗ-740
- «износ кулачков по высоте	0,16	0,02	0,4	0,02	0,9
- износ поверхности опорных шеек (в пределах ремонтного размера)	0,02	0,04	0,08	0,04	0,02
- износ поверхности опорных шеек (за пределами ремонтного размера)	0,5	0,6	0,6	0,4	-
- износ шпоночного паза выше допустимого	0,04	0,06	-	0,06	-
- износ под распределительную шестерню (зубчатое колесо)	0,01	0,07	0,05	0,07	-
- износ резьбы	0,05	0,07	0,05	0,07	-
- износ шейки под эксцентрик» [19]	-	-	0,05	-	-

Для восстановления работоспособности распределительных валов применяется множество технологических приёмов. Например, кулачки распределительных валов могут быть восстановлены шлифованием с сохранением профиля кулачка. В этом случае с использованием копира проводят обработку кулачка на шлифовальном станке, удаляя следы износа.

В случае, если износ вала превышает ремонтный размер, его восстановление с использованием шлифования становится невозможным, так как в этом случае происходит значительное уменьшение радиуса закругления кулачка.

В этом случае требуется выполнение наплавки поверхности кулачка.

## 1.2 Сведения о материале детали

Рассматриваемые валы изготовлены из стали 45, которая является конструкционной качественной сталью. Содержание химических элементов в стали 45 представлено в таблице 2, а механические свойства – в таблице 3.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 45 [20], [24]

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,42 – 0,5	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25» [20]

Таблица 3 – Механические свойства стали 45

Сортамент	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	KCU	Термообр.
-	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	-
Прутки, ГОСТ 4543-71	470	245	19	42	39	Нормализация 300 °С

В стали 45 содержание углерода выше, чем в низкоуглеродистых сталях, что обуславливает трудности при его сварке и наплавке:

- образование холодных трещин в околошовной зоне,
- возникновение горячих трещин в наплавленном металле,
- разупрочнение наплавленного металла и околошовной зоны по сравнению с основным металлом восстанавливаемой детали.

На рисунке 2 представлен внешний вид холодной трещины, которая образуется при локальном или транскристаллическом разрушении металла. Поскольку образование холодных трещин происходит после того, как сварное соединение остыло ниже 200 °С, их поверхность не содержит следов высокотемпературного окисления и имеет блестящий излом. Образование холодных трещин начинается сразу после охлаждения сварного соединения и продолжается в течение нескольких дней после сварки или восстановительной наплавки. При этом трещины распространяются как в толщину основного металла, так и вдоль сварного шва. Траектория холодной трещины имеет характерные изломы, так как она распространяется

нелинейно. Таким образом, внешними признаками холодной трещины является ломанная траектория и блестящая поверхность излома без следов окисления металла.

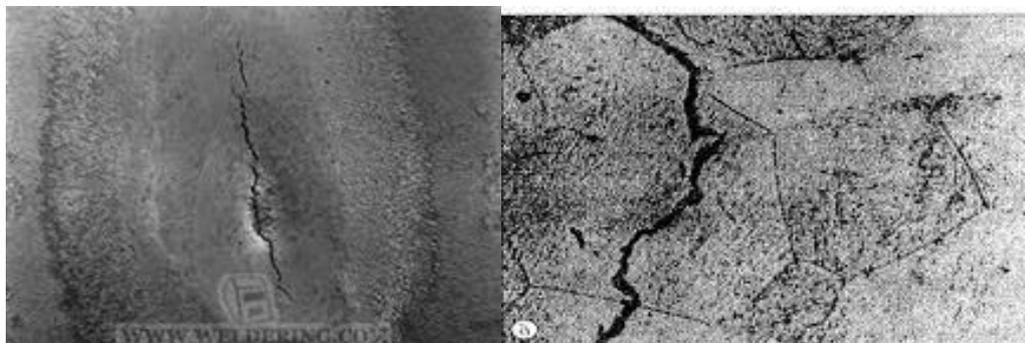


Рисунок 2 – Образование холодных трещин в металле сварного шва

На рисунке 3 представлен внешний вид горячих трещин, причиной появления которых является пониженная деформационная способность перегретого металла сварного соединения. В момент кристаллизации металла сварочной ванны происходит уменьшение его объёма и образование растягивающих напряжений. Поскольку перегретый металл не обладает достаточной деформационной способностью, в нём под действием растягивающих напряжений образуются трещины. Вероятность образования горячих трещин при сварке увеличивается, если не проводить термическую обработку сразу после сварки. Также на склонность к образованию горячих трещин отрицательно влияют концентраторы напряжений и высокая скорость сварки.

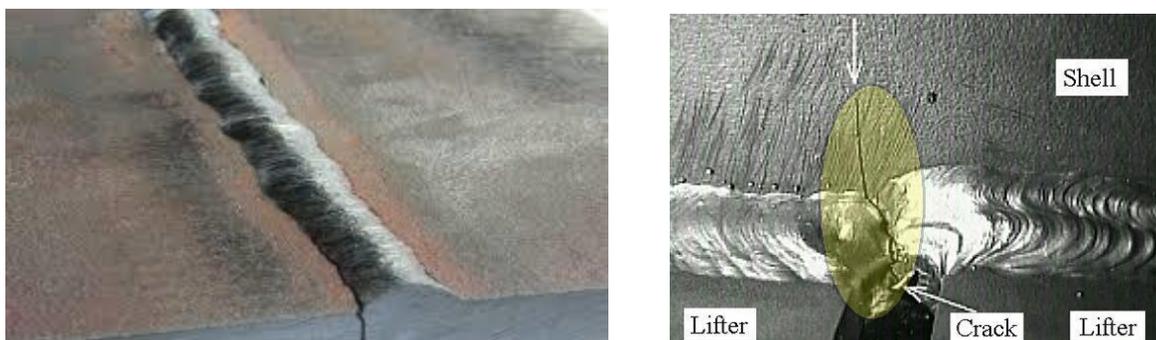


Рисунок 3 – Горячие трещины при сварке и наплавке

При сварке и наплавке деталей из стали 45 наблюдается разупрочнение основного металла в зоне термического и металла сварного шва. Причиной разупрочнения является неполная перекристаллизация и высокий температурный отпуск. Негативный эффект от разупрочнения проявляется при длительной эксплуатации сварной конструкции, он проявляется в образовании усталостных трещин и снижении длительной прочности металла. Склонность металла к разупрочнению при сварке и наплавке зависит от термического цикла металла при сварке, а также от правильности выполнения термической обработки после сварки. При увеличении погонной энергии сварки наблюдается усиление эффекта разупрочнения металла сварного шва и околошовной зоны. Образующаяся при этом мягкая прослойка способствует возникновению локальных разрушений конструкции, что происходит при длительной эксплуатации и особенно проявляется при изгибающих нагрузках.

### **1.3 Обоснование выбора способ восстановления**

В настоящее время можно выделить несколько технологических приёмов, которые позволяют с той или иной эффективностью проводить восстановление и упрочнение распределительных валов автомобилей.

К первому способу относится способ нанесения гальванических покрытий [21], при этом, если износ составляет менее 0,5 мм, применяют хромирование, если износ составляет более 0,5 мм – никелирование с последующим хромированием.

Ко второму способу можно отнести наплавку под слоем флюса, при этом проведение поверхностного пластического деформирования позволяет получить твёрдость поверхности до 62 HRC [21].

Третьим способом является плазменная наплавка композиционными материалами и плазменное напыление [2], [12].

В качестве четвёртого способа следует указать сверхзвуковую электродуговую металлизацию [17], [18].

Также восстановление шеек вала может быть выполнено путём приварки тонкостенных полуколец [3].

При восстановлении валов могут быть применены лазерные технологии [6]: лазерная закалка после шлифовки в ремонтный размер или лазерное поверхностное легирование порошками ПС-12НВК-01 и Пр-Х23Н23М5С2Р2АФ.

Значительный вклад в развитие технологий восстановления деталей машин и выборе оптимального способа восстановления внесён отечественными учёными: Конкин М. Ю., Батищев А. Н., Черноиванов В. И. и др. [1], [9], [22].

По результатам предварительного анализа литературы, посвященной восстановлению деталей машин [8], [9], [16], [22] можно выделить критерии, по которым возможна оценка эффективности применения различных способов восстановления. Такими критериями являются:

- технологический (возможность применения рассматриваемого способа для устранения дефекта);
- технический (возможность обеспечения долговечности восстанавливаемой детали);
- технико-экономический (оправданность затрат на проведение восстановления по сравнению с приобретением новой детали).

Технологический критерий применяется для оценки способов восстановления деталей машин с точки зрения возможности его применения при устранении рассматриваемого дефекта с учётом материала детали, величины и характера дефекта, конструктивных особенностей детали. Этот критерий предусматривает оценку всех возможных способов, которые могут быть при исправлении дефекта на детали.

Технический критерий позволяет выполнить оценку перспектив дальнейшей эксплуатации детали после проведения восстановления. Оценка по этому критерию выполняется с использованием следующих показателей:

- усталостная прочность,
- долговечность,
- сцепляемость,
- микротвёрдость,
- износостойкость.

Приблизительные значения коэффициентов износостойкости, сцепляемости и выносливости представлены в таблице 4, построенной по данным согласно анализу научно-технической информации [19].

Таблица 4 – Значения коэффициентов износостойкости, выносливости и сцепляемости для различных способов восстановления деталей машин согласно [13]

Способы восстановления	Значения коэффициентов		
	Износостойкости ( $K_i$ )	Выносливости ( $K_B$ )	Сцепляемости ( $K_C$ )
«Наплавка в углекислом газе	0,85	0,9...1,0	1,0
Вибродуговая наплавка	0,85	0,62	1,0
Наплавка под слоем флюса	0,90	0,82	1,0
Дуговая металлизация	1,0...1,3	0,6...1,1	0,2...0,3
Газопламенное напыление	1,0...1,3	0,6...1,1	0,3...0,4
Плазменное напыление	1,0...1,5	0,7...1,3	0,4...0,5
Хромирование (электролитическое)	1,0...1,3	0,7...1,3	0,4...0,5
Железнение (электролитическое)	0,9...1,2	0,8	0,65...0,8
Контактная наплавка (приварка металлического слоя)	0,9...1,1	0,8	0,8...0,9
Ручная наплавка	0,9	0,8	1,0
Клеевые композиции	1,00	—	0,7
Электромеханическая обработка (высадка и сглаживание)	до 3,00	0,8	1,0
обработка под ремонтный размер	1,0	1,0	1,0
Установка дополнительной детали	1,0	0,8	1,0
Пластическое деформирование» [19]	0,8...1,0	1,0	1,0

Анализ технического критерия позволяет для альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали принять следующие способы:

- вибродуговая наплавка,
- механизированная и автоматическая наплавка в среде углекислого газа,
- плазменная наплавка
- газопламенное напыление
- плазменное напыление.

Дальнейший анализ проведём с использованием технического критерия (критерия долговечности), рассчитываемому как произведение коэффициентов из таблицы 4.

Применительно к вибродуговой наплавке имеем:  $K_D = 1,15 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,03$ .

Применительно к наплавке в среде углекислого газа имеем:  $K_D = 1,4 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 1,0$ .

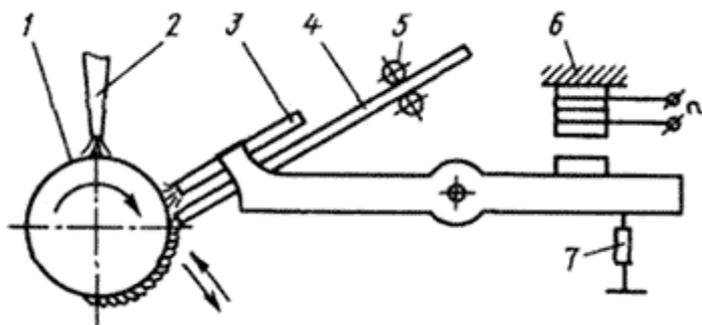
Применительно к плазменной наплавке имеем:  $K_D = 1,6 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,45$ .

Применительно к газопламенному напылению имеем:  $K_D = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,4 = 0,4$ .

Применительно к плазменному напылению имеем:  $K_D = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 0,6$ .

При вибродуговой наплавке, схема выполнения которой представлена на рисунке 4, электрод диаметром 1,5...2 мм вибрирует с частотой 30...100 Гц и амплитудой 0,5...1 мм. В результате таких вибраций происходит периодическое закорачивание дуги на наплавляемое изделие. В результате периодически происходящих коротких замыканий часть наплавляемого электрода переходит на поверхность детали. В результате образуется наплавленный слой малой толщины. Поскольку изделие постоянно охлаждается с применением жидкости или сжатого воздуха, деформирования в процессе наплавки практически не происходит. Также из-за высокой скорости охлаждения увеличивается твёрдость наплавленного слоя.

Вибродуговая наплавка нашла применение при восстановлении цилиндрических деталей с малым диаметром.



- 1 – наплавляемое изделие; 2 – сопло для подачи охлаждающей изделие жидкости;  
3 – сопло для подачи жидкости в зону сварки; 4 – электродная проволока;  
5 – электродоподающие ролики; 6 – электромагнитный вибратор; 7 – пружина

Рисунок 4 – Схема вибродуговой наплавки

В процессе вибродуговой наплавки покрытие имеет большое количество пор и обладает неравномерной твёрдостью по площади. Также структура покрытия неравномерна, что приводит к образованию значительных остаточных растягивающих напряжений, в результате которых происходит снижение усталостной прочности на 30...40 %. Применительно к распределительным валам вибродуговую наплавку использовать нерационально, так как она не позволит получить необходимые свойства детали после восстановления.

Наплавка в углекислом газе, схема выполнения которой представлена на рисунке 5, возможно получение наплавленного слоя с высоким качеством. При этом по сравнению с вибродуговой наплавкой производительность способа существенно выше. Качество наплавленного слоя и износостойкость при наплавке в углекислом газе ниже, чем при плазменной наплавке. Кроме того, на экономических показателях наплавки в углекислом газе отрицательно сказывается разбрызгивание электродного металла.

Наплавку в среде углекислого газа ведут постоянным током обратной полярности. В зависимости от основного металла восстанавливаемой детали

проводят выбор сварочной проволоки, на который также оказывают влияние требования к составу и свойствам наплавленного металла.

Выбор скорости подачи проволоки осуществляют в зависимости от величины тока наплавки таким образом, чтобы обеспечить отсутствие обрывов дуги и коротких замыкания. При наплавке соблюдают шаг между наплаваемыми валиками 2,5...3,5 мм, при этом следует обеспечить перекрытие валиков на 1/3 их толщины.

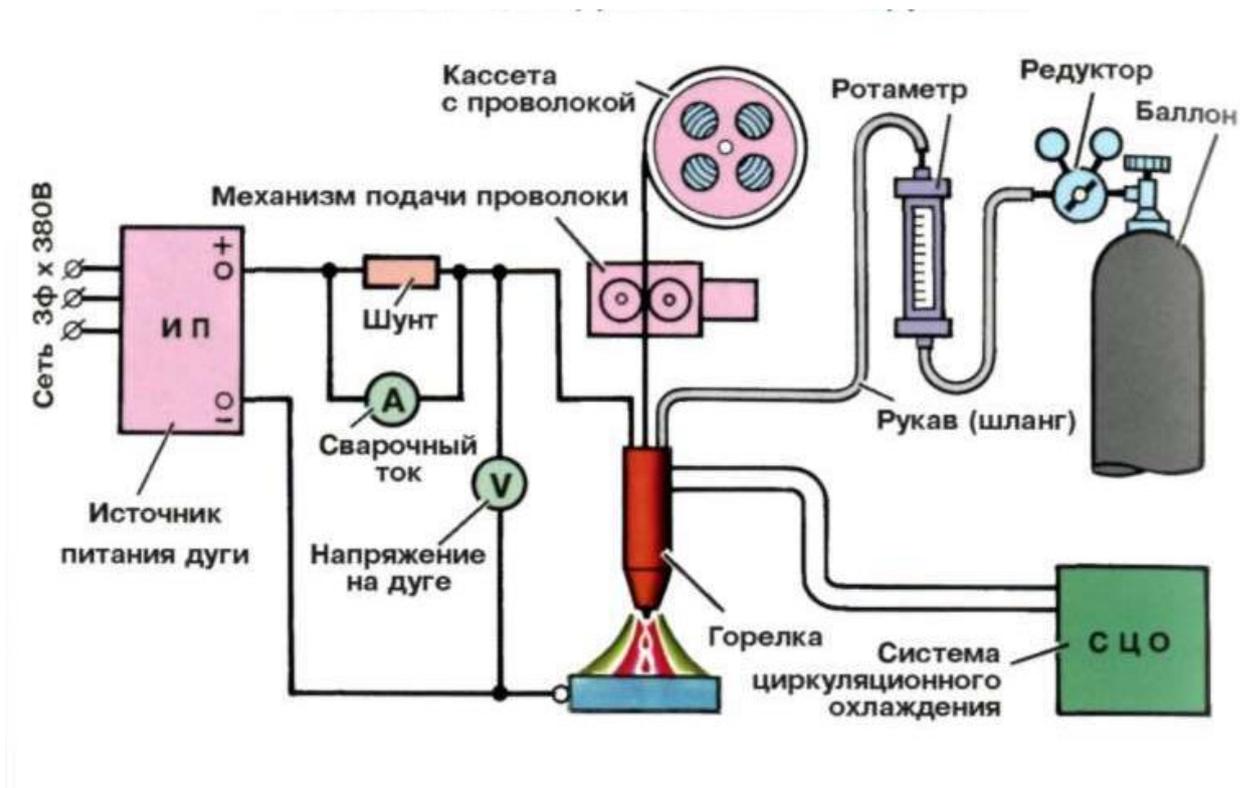


Рисунок 5 – Схема наплавки в углекислом газе

Газопламенное и плазменное напыление, схемы проведения которых представлены на рисунках 6 и 7, трудно осуществимы применительно к рассматриваемым деталям. Низкая прочность сцепления покрытия с основой, присущая газопламенному и плазменному напылению, не позволяет использовать эти способы для восстановления деталей маны, работающих в условиях ударных нагрузок. Увеличение толщины наплавленного слоя до 1...1,3 мм приводит к катастрофическому уменьшению прочности сцепления с основой.

При плазменном напылении, схема выполнения которого представлена на рисунке 7, наблюдается большая концентрация потока тепла, чем при газопламенном напылении, схема которого представлена на рисунке 6.

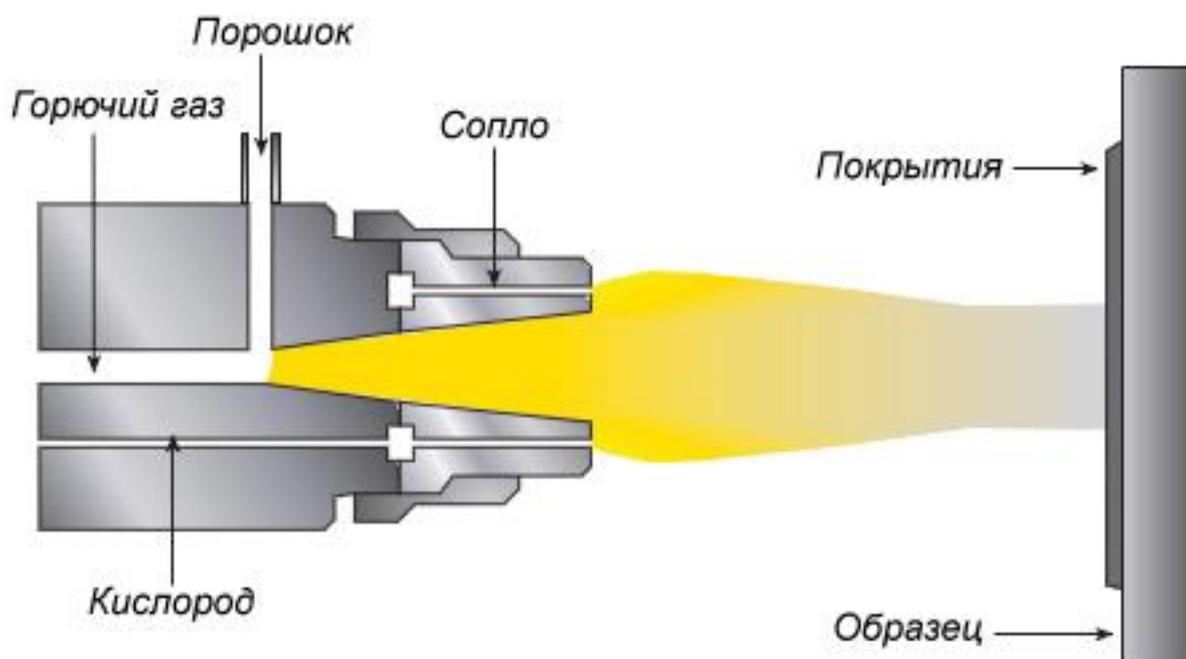


Рисунок 6 – Схема газопламенного напыления

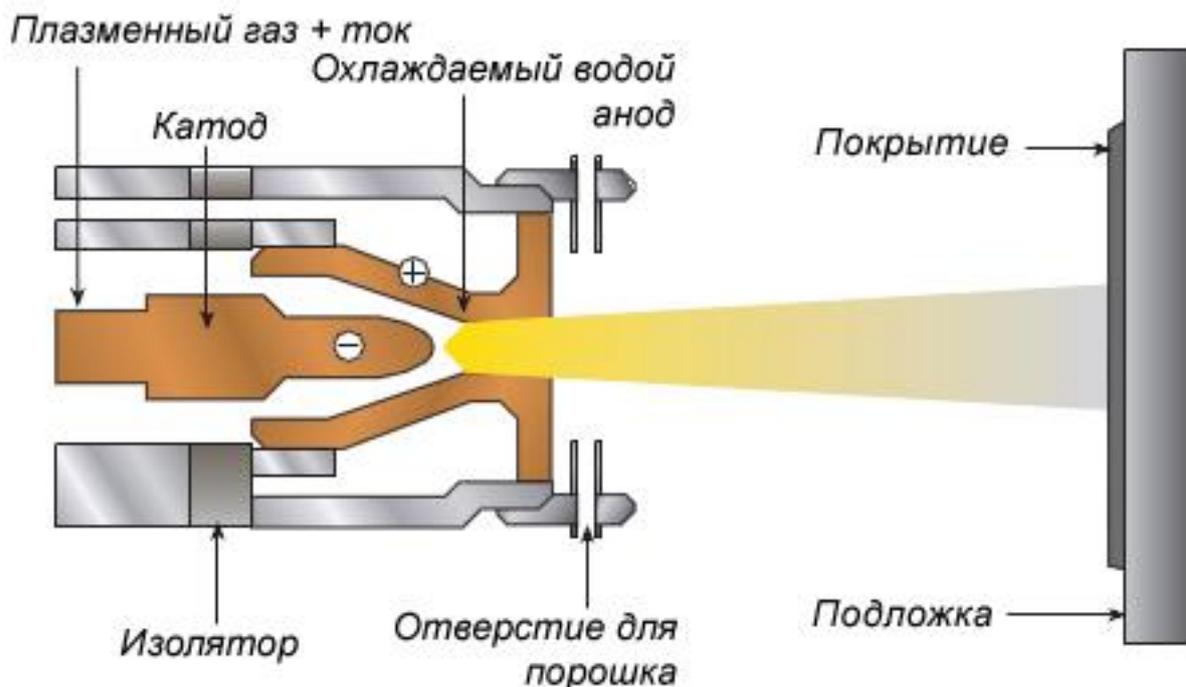
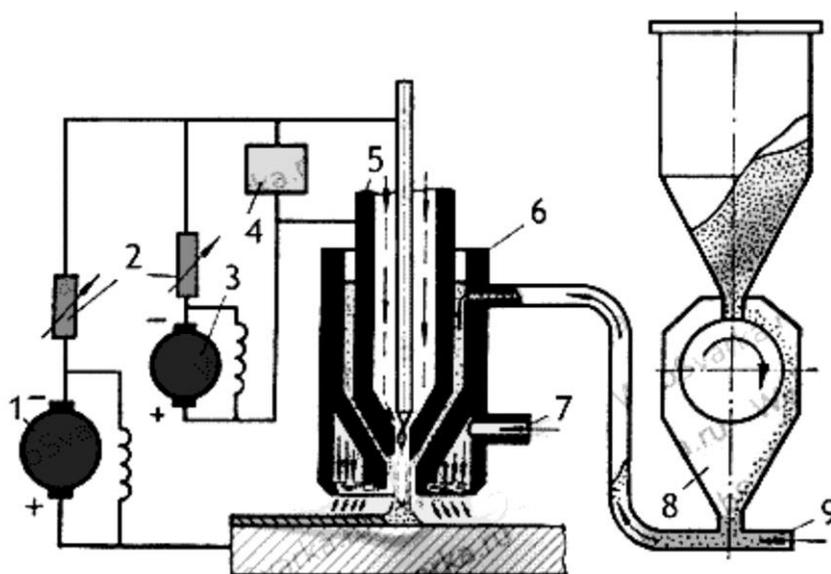


Рисунок 7 – Газоплазменное напыление

Плазменное напыление позволяет применять тугоплавкие материалы: металлы (вольфрам, молибден, тантал и пр.), окислы металлов (алюминия, магния, циркония), силициды, карбиды, бориды. При прохождении через плазменную струю порошки этих материалов переходят в пластическое состояние и разгоняются до значительной скорости. При соударении частиц покрытия с поверхностью восстанавливаемой детали происходит их расплющивание и внедрение на поверхность с заполнением неровностей.

Напыление происходит посредством плазменной дуги косвенного действия, которая горит между медным соплом и вольфрамовым катодом. Выдувание плазменной дуги происходит через сопло в виде плазменного факела.

Схема выполнения плазменной наплавки представлена на рисунке 8. Этот способ наплавки более эффективен, чем вибродуговая наплавка и наплавка в защитных газах, так как позволяет получать наплавленные слои более высокого качества. Плазменная наплавка позволяет использовать более дешёвые наплавочные материалы, чем при других способах.



1 – источник питания дуги прямого действия; 2 – балластные сопротивления; 3 – источник питания дуги косвенного действия; 4 – осциллятор 5 – сопло для плазмообразующего газа; 6 – корпус горелки; 7 – отверстие для ввода защитного газа; 8 – питатель для подачи порошка; 9 – трубка, по которой подается газ, несущий порошок

Рисунок 8 – Схема плазменной наплавки

В качестве преимущества плазменной наплавки можно отметить возможность автоматизации. Также плазменная наплавка обладает высокой производительностью и широкими возможностями по подбору наплавочных материалов. Таким образом, плазменную наплавку следует признать перспективным технологическим процессом, который позволяет не только восстанавливать эксплуатационные свойства деталей машин, но и существенно повышать их работоспособность. Техничко-экономические показатели плазменной наплавки превышают все другие способы восстановления деталей машин.

Высокая производительность плазменной наплавки обусловлена применением в качестве наплавочного материала порошков. При этом производительность наплавочных работ может достигать 6 кг в час. Также следует учитывать, что применение порошкового присадочного материала позволяет получать малую толщину наплавленных слоёв, что снижает припуск на механическую обработку, и, в конечном итоге, уменьшает расход наплавочного материала.

#### **1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы**

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – разработка технологии и организация участка по восстановлению распределительных валов грузовых автомобилей.

При анализе состояния вопроса выполнена оценка особенностей конструкции и эксплуатации распределительных валов грузовых автомобилей. Приведена статистика по характерным дефектам валов в зависимости от типа двигателя для машин, длительное время находящихся в эксплуатации.

Анализ свойств материала детали показал трудности, сопровождающие его сварку и наплавку:

- образование холодных трещин в околошовной зоне;

- образование горячих трещин в наплавленном металле;
- разупрочнение наплавленного металла и околошовной зоны по сравнению с основным металлом восстанавливаемой детали.

При анализе альтернативных способов восстановления распределительных валов были рассмотрены такие технологические приёмы, как вибродуговая наплавка, наплавка в углекислом газе, газопламенное напыление, плазменное напыление и плазменная наплавка.

На основании анализа каждого способа восстановления деталей машин по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию восстановления строить на базе плазменной наплавки. Плазменная наплавка обладает рядом преимуществ.

Первым преимуществом является получение при плазменной наплавке наплавленного слоя с заданными химическим составом и свойствами, что обеспечивается возможностью подачи в зону плазменной струи различных присадочных материалов.

Вторым преимуществом является малое тепловое воздействие на основной металл восстанавливаемой детали

Третьим преимуществом является возможность полной автоматизации процесса восстановления детали, что положительно сказывается на экономических показателях и производительности способа.

На основании вышеизложенного следует сформулировать задачи выпускной квалификационной работы:

- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали;
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

В ходе выполнения оценочного блока следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности [4] и экономического эффекта при внедрении в производство [10], [11].

## **2 Проектная технология восстановления распределительного вала**

### **2.1 Описание установки для плазменной наплавки**

Восстановление распределительного вала предлагается вести на установке, выполненной на базе токарного станка 16К20. Для того, чтобы проводить операции технологического процесса, выполнена глубокая модернизация станка. На станок был установлен порошковый питатель и плазматрон. Плазматрон дополнительно снабжён механизмом колебаний. Изменён узел привода продольного суппорта. На приводе суппорта дополнительно установлен блок управления механизмами.

Плазменное оборудование выполнено на базе установки УПП-5-68. Восстановление кулачков распределительного вала встречает ряд трудностей, от разрешения которых зависит качество восстановления вала. Главной трудностью является непостоянный профиль кулачка, для соблюдения которого предложено использовать копирующее устройство, позволяющее выполнять наплавку кулачка при вращении распределительного вала.

Принцип действия установки, показанной на рисунке 9, заключается в следующем. Распределительный вал, подлежащий восстановлению, ввинчивают в резьбовое отверстие базирующего вала и закрепляется в патроне 1 вращателя 3 с механизмом поперечных колебаний 2. Задний центр станка поддерживает свободный конец распределительного вала. При помощи пружины и пазов во втулке относительно поверхности детали происходит фиксация копируемой поверхности. Опорный элемент каретки 4 опускается копируемую поверхность. Исполнение опорного элемента, который осуществляет контакт с копируемой поверхностью, предусмотрено в виде пирамиды, клина или конуса. Контакт опорного элемента с копируемой поверхностью может проходить по точке или линии.

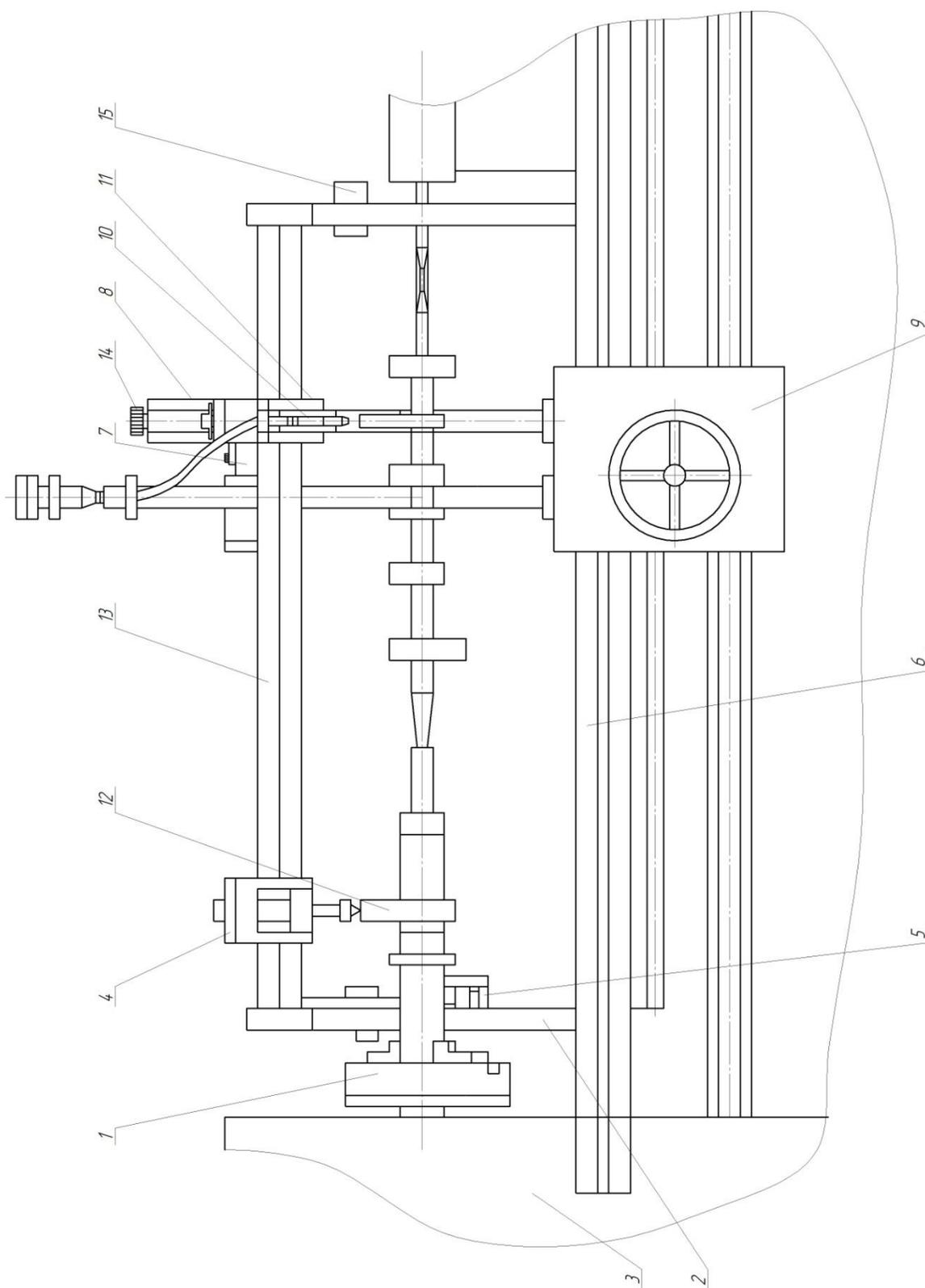


Рисунок 9 – Общий вид установки для плазменной наплавки

Таблица 5 – Техническая характеристика установки для плазменной наплавки распределительных валов

Наименование показателя	Значение
1. «Число оборотов привода, об/мин	0-12
2. Характер регулирования	плавный
3. Диаметр обработки цилиндрической детали, мм	10-100
4. Длина обрабатываемой детали, мм	1400
5. Максимально возможная высота кулачков, мм	10
6. Время замены копира, мин	0,45
7. Максимально возможный эксцентриситет обрабатываемой поверхности, мм	10
8. Расход порошкового материала, г/мин	8-30
9. Амплитуда колебаний плазматрона, мм	до 25
10 Частота колебаний в минуту	40-80
11. Характер регулирования колебаний» [15]	плавный

На рабочей каретке 4 закреплена плазменная горелка 10. На продольном суппорте 9 смонтирован механизм колебаний 7. Перемещение плазменной горелки вдоль восстанавливаемого распределительного вала происходит при помощи поводкового элемента 11 вдоль направляющей 13.

В таблице 5 представлена техническая характеристика установки для плазменной наплавки распределительных валов. Вращение вала передается от патрона 1 через копир 12. Плазменная горелка 10 закреплена на качающейся раме 6 с направляющей 13, которая, в свою очередь, приводится в движение от опорного элемента. Колебание рабочей каретки 14 происходит от колебательного механизма 7. Баллоны для газа крепятся на стойке 15.

Командоаппарат 5 обеспечивает изменение угловой скорости вращения вала. За счёт применения противовесов обеспечивается снижение нагрузки на копируемую поверхность от опорного элемента копира 12.

Положение плазматрона относительно наплавляемой поверхности обеспечивается за счёт вертикального перемещения плазматрона в рабочей каретке. При этом расстояние от сопла плазматрона до детали регулируется в диапазоне 10...12 мм.

## 2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки

Модернизированная установка плазменной наплавки, представленная на рисунке 10, содержит «плазмотрон 1, обрабатываемую деталь 2, источник 3 постоянного тока, дроссель 4, контур дуги косвенного действия с модулятором 5 косвенной дуги, балластным сопротивлением 6 и блоком управления 7, контур дуги прямого действия между катодом "К" и деталью 2 с модулятором 8 дуги прямого действия, балластным сопротивлением 9 и блоком управления 10, контур дуги прямого действия между анодом "А" и деталью 2 с модулятором 11, балластным сопротивлением 12 и блоком управления 13, блок согласования 14 работы модуляторов.

Для термоактивации поверхности детали 2 зажигают дугу прямого действия между катодом "К" плазматрона 1 и этой деталью в контуре, в который входят источник питания 3, балластный реостат 9, дроссель 4, а также модулятор 8 с блоком управления 10. Модулятором 8 начинают модулировать ток дуги прямого действия. При этом с помощью блока управления 10 и величины балластного сопротивления 9 задается средний ток 15...20 А, среднее напряжение 130...160 В, амплитуда мощности импульсов 50...100 кВт, частота модуляции разрядного тока 900...1600 Гц, длительность импульса 300...500 мкс» [14].

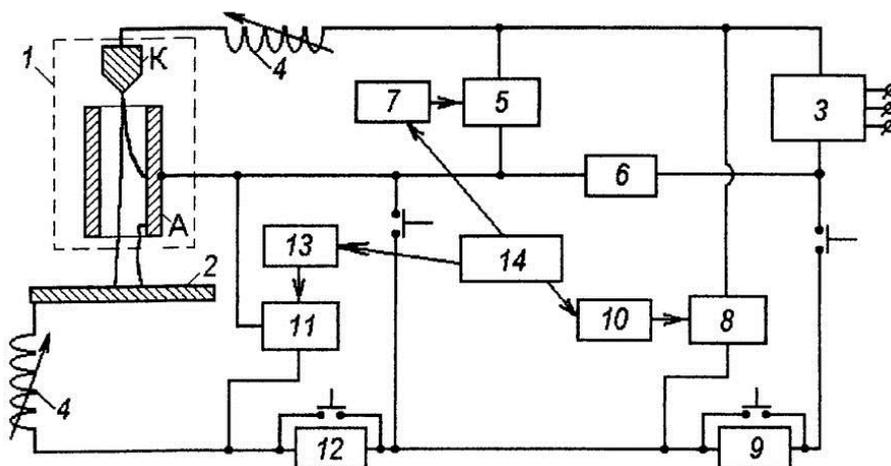


Рисунок 10 – Принципиальная схема модернизированной установки плазменной наплавки

«Затем в плазмотрон 1 подают плазмообразующий газ и зажигают дугу косвенного действия любым известным способом между катодом "К" и анодом "А" в контуре, в который входит также источник питания 3, балластный реостат 6 и модулятор 5 с блоком управления 7. В образовавшуюся плазменную струю подают наплавляемый порошок и, в процессе наплавки, модулятором 5 начинают модулировать ток косвенной дуги. При этом блоком управления 7 и величиной балластного сопротивления 6 задается средний ток - 140...160 А, среднее напряжение - 180...220 В, амплитуда мощности импульсов 10...50 кВт, частота модуляции разрядного тока - 4000-5000 Гц, длительность импульсов 50...60 мкс.

Для оплавления получаемого покрытия, включают дугу прямого действия между анодом "А" плазмотрона 1 и деталью 2 в контуре, содержащем балластный реостат 12, дроссель 4 и модулятор 11 с блоком управления 13. Модулятором 11 начинают модулировать ток, при этом с помощью блока управления 13 и величины балластного сопротивления 12 задается средний ток 8...15 А, среднее напряжение 110...150 В, амплитуда мощности импульсов 100...250 кВт, частота модуляции разрядного тока 300...400 Гц, длительность импульса 1400...1600 мкс» [14].

Модернизированная установка для наплавки представлена на рисунке 11.

Применение дуги прямого действия, которая горит между деталью и катодом, позволяет обеспечить предварительный подогрев детали перед наплавкой. Дуга, горящая между анодом и деталью, позволяет получить полное проплавление покрытия до основы, что приводит к повышению прочности сцепления наплавленного слоя с основным металлом. За счёт модуляции дуги прямого и косвенного действия обеспечивается стабилизация термической активации и оплавления. Также обеспечивается гибкость управления процессом плазменной наплавки, снижение затрат электрической энергии и повышение производительности.

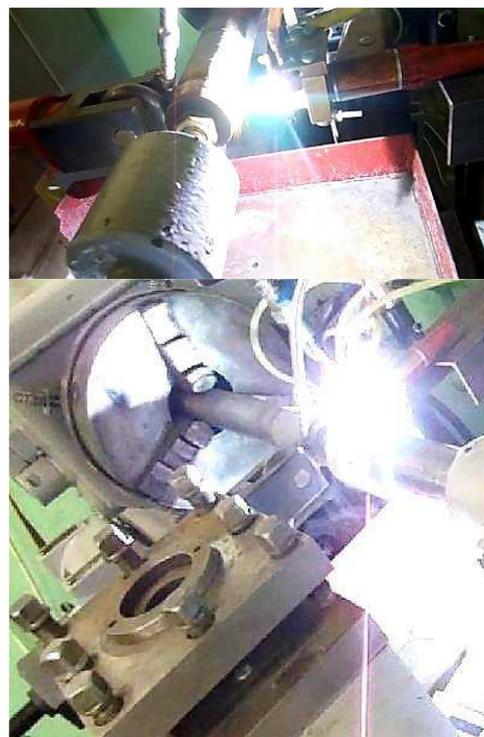
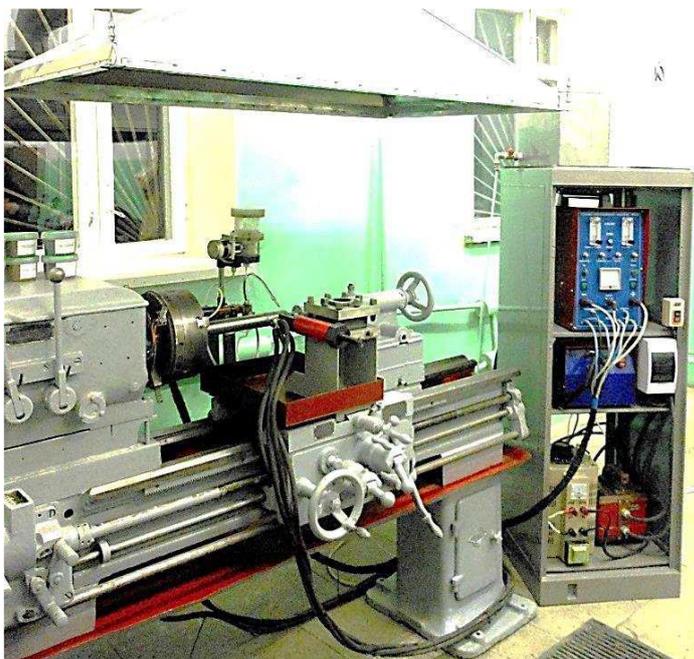


Рисунок 11 – Внешний вид модернизированного оборудования плазменной обработки цилиндрических деталей



Рисунок 12 – Оборудование для пескоструйной обработки: а – компрессор и пескоструйная камера; б – обрабатываемые ролики и сопло пескоструйного аппарата

Подготовку поверхности перед наплавкой проводят с использованием пескоструйной установки, которая представлена на рисунке 12. Для наплавки применяется порошок ПГ-ХН80СР4, ПН85Ю15 и ПН55Т45 фракции 40...60 мм.

### **2.3 Назначение параметров режима плазменной наплавки**

Работа распределительного вала происходит в условиях действия знакопеременных и ударных нагрузок. Восстановление поверхности распределительного вала целесообразно выполнять с применением порошковых твёрдых сплавов. Большое количество распределительных валов требует только наплавки верхушки кулачка. В остальных случаях необходимо провести наплавку кулачка по профилю и дальнейшую шлифовку в ремонтный размер. В этом случае применяется копировальное устройство, которое монтируют на токарном станке. Плавное регулирование скорости вращения патрона станка обеспечивается за счёт питания двигателя от источника постоянного тока.

В качестве наплавочных материалов могут быть использованы порошковые сплавы ПГ-СР4+3%А1, ПГ-ФБХ6-2+6%, ПГ-С1+6%А1.

Толщина наплавляемого слоя составляет 1,3...1,6 при наплавке на вершину и 0,4...0,6 мм при наплавке на цилиндрическую поверхность кулачка. В качестве транспортирующего газа применяют азот.

Для шлифовки вала после восстановительной наплавки применяют шлифовальные круги из электрокорунда ЭБ16-25С1Б, ЭБ16-25С1К, зернистостью 16...25, средней твёрдости С1 на бакелитовой или керамической связке.

Параметры режима плазменной наплавки принимаются по литературным источникам [19]. Расход плазмообразующего газа составляет 1,2...2 л/мин, расход транспортирующего газа составляет 7...9 л/мин.

Расстояние сопла плазматрона до детали составляет 9...12 мм. Частота колебаний плазматрона 0,4...0,5 Гц.

Таблица 6 – Режимы плазменной наплавки

Параметры	ПГ-СР4+3%А1	ПГ-ФБХ6-2+3%А1
Наплавка вершины кулачка		
«Сила тока, А	120 – 140	125 – 150
Напряжение, В	25	30
Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	0,45 – 0,50	0,30 – 0,45
Расход порошка	20 - 22	18 - 20
Наплавка цилиндрической поверхности кулачка		
Сила тока, А	160 – 170	180 - 190
Напряжение, В	30	30
Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	0,65 – 0,70	0,5 – 0,6
Расход порошка, г/мин	14 – 16	12 – 14
Наплавка опорной шейки вала		
Сила тока, А	170 – 180	190 – 200
Напряжение, В	30	35
Частота вращения вала, мин <sup>-1</sup>	0,7 – 0,8	0,6 – 0,65
Расход порошка» [19]	12 – 14	10 – 12

Таблица 7 – Режимы черновой и чистовой шлифовки

Обрабатываемое покрытие, параметры обработки	Режимы обработки	
	Круг ПП600 × 25 × 305 ЭБ16-25С1Б ЭБ16-25С1К	ПП600 × 25 × 305 КЧ16-25С1К КЗ 16-25С1К
ПГ-СР4+3%А1		
Черновое шлифование		
$v_k$ , м/с	34	34
$v_d$ , м/с	2,3	2,3
$S_{non}$ , м/мин	0,60 – 0,64	0,60 – 0,64
$R_a$ , мкм	2,5	2,5
Чистовое шлифование		
$v_k$ , м/с	34	34
$v_d$ , м/с	4,6	4,6
$S_{non}$ , м/мин	0,25 – 0,55	0,25 – 0,55
$R_a$ , мкм	0,63 – 0,32	0,63 – 0,32

Параметры режима наплавки различными порошками представлены в таблице 6. Параметры режима черновой и чистовой обработки вала после наплавки представлены в таблице 7.

## Выводы по второму разделу

В работе поставлена цель – разработка технологии и организация участка по восстановлению распределительных валов грузовых автомобилей.

На основании анализа состояния вопроса были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы:

- составить технологический процесс восстановительной наплавки детали;
- назначить параметры режима восстановительной наплавки, выбрать оборудование и наплавочные материалы.

Для повышения технологических свойств плазменной наплавки предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей [14]. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

Восстановление распределительного вала предлагается вести на установке, выполненной на базе токарного станка 16К20. Для того, чтобы проводить операции технологического процесса, выполнена глубокая модернизация станка. На станок был установлен порошковый питатель и плазматрон. Плазматрон дополнительно снабжён механизмом колебаний. Изменён узел привода продольного суппорта.

На основании литературного обзора были выбраны наплавочные материалы и параметры режима плазменной наплавки. Составлена проектная технология восстановительной наплавки.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [4].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [10], [11].

### **3 Безопасность и экологичность технического объекта**

#### **3.1 Технологическая характеристика объекта**

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология восстановительной наплавки распределительных валов длительно эксплуатируемых грузовых автомобилей.

При анализе состояния вопроса выполнена оценка особенностей конструкции и эксплуатации распределительных валов грузовых автомобилей. Приведена статистика по характерным дефектам валов в зависимости от типа двигателя для машин, длительное время находящихся в эксплуатации. Принято решение при построении проектной технологии использовать плазменную наплавку. Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса ремонтной сварки. Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Таблица 8 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
- подготовка детали под наплавку	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- машина моечная; - микроомметр	- моечный раствор; - вода техническая; - призма базирующая
- подготовка поверхности под наплавку	- слесарь-сборщик, - дефектоскопист	- дробеструйная камера; - краскопульт	- мастика защитная; - дробь металлическая
- плазменная наплавка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- установка плазменной наплавки валов; - копир	- порошок наплавочный; - защитный газ
- контроль качества	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	- дефектоскоп, - лупа, - шаблон сварщика	- керосин, - мел, - масло

Анализ данных в таблице 8 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 9. Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
- подготовка детали под наплавку	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- машина моечная; - микроомметр
- подготовка поверхности под наплавку	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;	- дробеструйная камера; - краскопульт
- плазменная наплавка	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- установка плазменной наплавки валов; - копир
- контроль качества	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение	- дефектоскоп

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев,
- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования,

- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам,
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока,
- нагрев поверхности деталей до высоких температур,
- инфракрасное излучение,
- ультрафиолетовое излучение,
- ультразвуковое излучение.

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

### **3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков**

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 10. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Таблица 10 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

### **3.4 Обеспечение пожарной безопасности**

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 11. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 12

Таблица 11 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок ремонтной плазменной наплавки валов.	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [4]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [4].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [4].

Таблица 12 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	«Первичные средства пожаротушения
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения
Нет необходимости	Стационарные установки системы пожаротушения
Нет необходимости	Средства пожарной автоматики
Пожарный кран	Пожарное оборудование
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)
Кнопка оповещения» [4]	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

Таблица 13 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок ремонтной плазменной наплавки валов	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [4].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [4].

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 13.

### 3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 14 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная плазменная наплавка валов	- подготовка детали - подготовка поверхности - наплавка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 14.

Таблица 15 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Участок ремонтной плазменной наплавки валов грузовых автомобилей
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 15.

#### Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии восстановительной наплавки деталей машин.

В проектной технологии применяется автоматическая плазменная наплавка, внедрение которой в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить

негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

## **4 Экономическое обоснование предлагаемых решений**

### **4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов**

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки длительно эксплуатируемых распределительных валов грузовых автомобилей.

По базовому варианту технологии восстановление валов происходит с применением вибродуговой наплавки. Недостатками базовой технологии являются: низкая стабильность качества наплавленного слоя, малая производительность работ, значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

На основании анализа каждого способа восстановления деталей машин по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию восстановления строить на базе плазменной наплавки.

Для повышения технологических свойств плазменной наплавки предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей [14]. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [11].

В таблицу 16 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

Таблица 16 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	$V$	$V$
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_d$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	400 тыс.	800 тыс.
Норма амортизации оборудования	$K_a$	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	15	20
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	$S$	$m^2$	800	800
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $m^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $m^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [11]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании данных в таблице 16 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

## 4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как  $D_p = 277$  дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет  $T_{см} = 8$  часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет  $K_{см} = 1$ . С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:  $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$  ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют  $B = 7$  %, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем:  $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$  ч.

### 4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время  $t_{\text{маш}}$ ), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время  $t_{\text{всп}}$ ), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания  $t_{\text{обсл}}$ ), личный отдых работников (время отдыха  $t_{\text{отд}}$ ), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время  $t_{\text{п-з}}$ ):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (3)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,89 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,76 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_2 = F_3 / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{г.баз.} = 2054 / 1,89 = 1086 \text{ за год;}$$

$$П_{г.проектн.} = 2054 / 0,76 = 2700 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии  $\Pi_{г} = 1$  тыс. деталей за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы  $K_{вн} = 1,03$ :

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч.б} = \frac{1,89 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,9$$

$$n_{расч.пп} = \frac{0,76 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,40$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования  $n=1$ . Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,9/1 = 0,9;$$

$$Kзп = 0,4/1 = 0,4.$$

#### **4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии**

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – сварочную проволоку и защитный газ, а в проектном варианте технологии – присадочный порошок и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы

расходов  $H_p$ , цены материалов  $C_m$  и коэффициента  $K_{tz}$  транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{m-z}, \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{\text{баз.}} = 210 \cdot 0,448 + 40 \cdot 0,888 = 129,6 \text{ руб.};$$

$$M_{\text{баз.}} = 210 \cdot 0,448 + 40 \cdot 0,888 = 129,6 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата  $Z_{\text{осн}}$  рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени  $t_{\text{шт}}$  и часовой тарифной ставки  $C_{\text{ч}}$  с учётом коэффициента  $K_d$  доплат к заработной плате:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_d. \quad (8)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 1,89 \cdot 200 \cdot 1,88 = 710,64 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,76 \cdot 200 \cdot 1,88 = 285,76 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата  $Z_{\text{доп}}$  рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат  $K_{\text{доп}}$  по ранее определённому значению основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$ :

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (9)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 710,64 \cdot 12 / 100 = 85,28 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 285,76 \cdot 12 / 100 = 34,29 \text{ рублей.}$$

Размер фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$ :

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 710,64 + 85,28 = 795,92 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 285,76 + 34,29 = 320,05 \text{ рублей.}$$

Отчисления на социальные нужды  $O_{сн}$  рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента  $K_{сн}$  отчислений на социальные нужды по формуле:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (10)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{ баз.}} = 795,92 \cdot 34 / 100 = 270,61 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{ проектн.}} = 320,05 \cdot 34 / 100 = 108,82 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование  $Z_{об}$  необходимо определить амортизационные отчисления  $A_{об}$  и затраты на электрическую энергию  $P_{ээ}$ :

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (11)$$

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации  $H_a$ , эффективного фонда времени  $F_э$ , цены оборудования  $C_{об}$  и машинного времени  $t_{маш}$  с использованием формулы:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100} \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 1,89 / 2054 / 100 = 79 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 800000 \cdot 21,5 \cdot 0,76 / 2054 / 100 = 64 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии  $C_{ээ}$ , установленной мощности оборудования  $M_{уст}$  и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маши}} \cdot Ц_{\text{ээ}} / КПД. \quad (13)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 52 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 122 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 32 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 54 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$З_{\text{об баз.}} = 79 + 122 = 201 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 64 + 54 = 118 \text{ руб.}$$

Вычисление технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$  проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы ФЗП, материалы  $M$ , оборудование  $З_{\text{об}}$  и отчислений на социальные нужды  $O_{\text{сс}}$ :

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + O_{\text{сс}} + З_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 129 + 796 + 271 + 201 = 1397 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 158 + 320 + 109 + 118 = 705 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$  вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости  $C_{\text{тех}}$ , основной заработной платы  $З_{\text{осн}}$  и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов  $K_{\text{цех}}$ :

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1397 + 1,5 \cdot 711 = 1397 + 1067 = 2464 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 705 + 1,5 \cdot 286 = 705 + 429 = 1134 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости  $C_{зав}$  проводим с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости  $C_{цех}$ , основной заработной платы  $Z_{осн}$  и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов  $K_{цех}$ :

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав}. \quad (16)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 2464 + 1,15 \cdot 711 = 2464 + 818 = 3282 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1134 + 1,15 \cdot 286 = 1134 + 329 = 1463 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектн.
«1. Затраты на материалы	М	129	158
2. Фонд заработной платы	ФЗП	796	320
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	271	109
4. Затраты на оборудование	Зоб	201	118
5. Технологическая себестоимость	Стех	1397	705
6. Цеховые расходы	Рцех	1067	429
7. Цеховая себестоимость	Сцех	2464	1134
8. Заводские расходы	Рзав	818	329
9. Заводская себестоимость» [11]	$C_{зав}$	3282	1463

На основании данных в таблице 17 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

#### 4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат  $K_{\text{общ. б.}}$  при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования  $K_{з. б.}$  и стоимости оборудования  $\Pi_{\text{об.б.}}$ , которые были определены для базового варианта технологии:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы  $T_c$ , рыночной стоимости оборудования  $\Pi_{\text{перв}}$  и нормы амортизации  $N_a$ :

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_a / 100). \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 400000 - (400000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 142000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 142000 \cdot 0,90 = 127800 \text{ руб.}$$

Величина капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих затрат  $K_{\text{соп}}$  и затрат на оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$ :

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных вложений в оборудование  $K_{\text{об. пр.}}$  рассчитывается по цене оборудования  $\Pi_{\text{об. пр.}}$  с учётом коэффициента загрузки оборудования  $K_{зп}$  и коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{тз}$ :

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп.} \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{об.пр} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 336000 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат  $K_{соп}$  при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов  $K_{монт}$  на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов  $K_{дем}$  на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (21)$$

Величина затрат на демонтаж  $K_{дем}$  и монтаж  $K_{монт}$  оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

$$K_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д}, \quad (22)$$

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (23)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дем} = 1 \cdot 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.}$$

$$K_{монт} = 800000 \cdot 0,05 = 40000 \text{ руб.}$$

$$K_{соп} = 50000 + 250000 = 300000 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 336000 + 60000 = 396000 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

$$K_{доп} = K_{общ.пр} - K_{общ.б.} \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{доп} = 396000 - 127800 = 268200 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения  $K_{уд}$  для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы  $\Pi_r$  как:

$$K_{уд} = K_{общ} / \Pi_r. \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 127800/1000 = 127,8 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 296000/1000 = 296 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости  $\Delta t_{шт.}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии  $t_{шт.б.}$  и штучному времени по проектному варианту технологии  $t_{шт.пр.}$ :

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт.б.} - t_{шт.пр.}) \cdot 100 \% / t_{шт.б.} \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{1,89 - 0,76}{1,89} \cdot 100\% = 60\%$$

Повышение производительности труда  $\Pi_r$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости  $\Delta t_{шт.}$ :

$$\Pi_r = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}). \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_T = \frac{100 \cdot 60}{100 - 60} = 150\%$$

Снижение технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{тех}}$ , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}}, \quad (28)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1397 - 705) \cdot 100\% / 1397 = 50 \%$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Pr_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{yg}} = (C_{\text{зав. баз}} - C_{\text{зав. пр}}) \cdot P_2. \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_{\text{yg}} = (3282 - 1463) \cdot 1000 = 1819000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{дон}} / \mathcal{E}_{\text{yg}}. \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 296000 / 1819000 = 0,2 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_g$ , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\mathcal{E}_g = \mathcal{E}_{\text{yg}} - E_n \cdot K_{\text{дон}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_g = 1819000 - 0,33 \cdot 296000 = 1721320 \text{ руб.}$$

## Выводы по экономическому разделу

По базовому варианту технологии восстановление валов происходит с применением вибродуговой наплавки. Недостатками базовой технологии являются: низкая стабильность качества наплавленного слоя, малая производительность работ, значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

На основании анализа каждого способа восстановления деталей машин по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию восстановления строить на базе плазменной наплавки.

Для повышения технологических свойств плазменной наплавки предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей [14]. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 60 %, а производительность труда увеличилась 150 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 50 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 1,8 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,2 года.

## Заключение

Цель настоящей выпускной квалификационной работы – разработка технологии и организация участка по восстановлению распределительных валов грузовых автомобилей.

По базовому варианту технологии восстановление валов происходит с применением вибродуговой наплавки. Недостатками базовой технологии являются: низкая стабильность качества наплавленного слоя, малая производительность работ, значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

При анализе альтернативных способов восстановления распределительных валов были рассмотрены такие технологические приёмы, как вибродуговая наплавка, наплавка в углекислом газе, газопламенное напыление, плазменное напыление и плазменная наплавка. На основании анализа каждого способа по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию восстановления строить на базе плазменной наплавки.

Для повышения технологических свойств плазменной наплавки предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей [14]. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества наплавки, производительность будет повышена в два раза.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 1,7 млн. рублей. На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Батищев А. Н. Методика оптимизации способов восстановления деталей // Организация и технология ремонта машин. - М.: РГАЗУ, 2000. С. 174 – 178.
2. Беленов А. С., Шестаков А. И. Восстановление высоконагруженных коленчатых валов сверхзвуковым плазменным газоздушным напылением // Пленки и покрытия – 2001 (Труды 6-й междунар. Конференции «Пленки и покрытия»). 1998. С. 473–476.
3. Бурдо Н. А., Гуров Е. А., Федорищев А. А. Оценка локальной приварки тонкостенной ремонтной втулки к восстанавливаемой шейке коленчатого вала // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано до макроуровня: в 2 ч. Часть 1: Материалы 13-й Международной научно-практической конференции. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та. 2011. С. 72–74.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие / В.В. Ельцов. Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014.
6. Зяблов О. К. Применение лазерной технологии при ремонте коленчатых валов судовых двигателей : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Нижний Новгород, 2000.
7. Камкин С. В., Возницкий И. В., Большаков В. Ф. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок. М.: Транспорт, 1996. 422 с.
8. Козулин, М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций : учебник для вузов. Тольятти : ТолПИ. 1996. 335 с.
9. Конкин М. Ю. Ресурсосбережение при эксплуатации автотранспортной техники: дисс... канд. техн. наук. М.: МГАУ, 1998.

10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
12. Лиджи-Горяев Р. А. Исследование и совершенствование технологии восстановления шеек коленчатых валов судовых дизелей плазменным напылением проволокой из марганцовистой стали: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Астрахань: АТГУ, 2006. 18 с.
13. Новиков В. С., Очковский Н. А., Тельнов Н. Ф. Проектирование технологических процессов восстановления изношенных деталей : методические рекомендации к курсовому и дипломному проектированию. М.: МГАУ, 1998. 52 с.
14. Патент РФ № 2211256 МПК C23C4/12 Способ нанесения покрытия / Д.И. Станчев, А.М. Кадырметов, А.В. Винокуров, В.Н. Бухтояров. Заявл. 04.06.2001, Оpubл. 27.08.2003.
15. Рафиков И. А. Разработка технологии восстановления деталей машин плазменной наплавкой в продольном магнитном поле: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Уфа: Башкирский государственный аграрный университет. 2013.
16. Рекомендации для расчета ремонтного фонда и производственных мощностей предприятий по ремонту агрегатов и узлов тракторов и автомобилей. М. : ГОСНИТИ, 1979.
17. Сергеев В. В. Восстановление коленчатых валов дизельных двигателей сверхзвуковой электродуговой металлизацией // Технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня: в 2 ч. Часть 1: Материалы 13-й Международной научно-практической конференции. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 244–247.
18. Сергеев В. В., Корноухов А. А. Создание центра по восстановлению коленчатых валов дизельных двигателей электродуговой металлизацией //

Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций: Материалы 6-й междунар. научно-практ. конференции. – СПб.: 2004. – С. 227–230.

19. Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. М. : Машиностроение. 1987. 192 с.

20. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 268 с.

21. Хмелевская В. Б., Леонтьев Л. Б., Лавров Ю. Г. Технологии восстановления и упрочнения деталей судовых механизмов и триботехнические характеристики покрытий. СПб. : СПГУВК, 2002. 309 с.

22. Черноиванов В. И. Состояние и перспективы технического сервиса в АПК России. М.: ГОСНИТИ, 1997. 166 с.

23. Шиповалов А. Н. Технология восстановления кулачков распределительных валов плазменной наплавкой: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва: Российский государственный аграрный заочный университет. 2010.

24. Шишков М. М. Марочник сталей и сплавов // Донецк: Юго-Восток, 2002. 456 с.