

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему «Разработка технологии наплавки распределительного вала автомобиля Ивеко»

Студент

И. Петрович

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

д-р техн. наук, профессор В.В. Ельцов

(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 2020

## **Аннотация**

Выпуск большого числа запасных частей для оборудования и транспорта требует привлечения существенных материальных и трудовых затрат. В то же время доля ремонтнопригодных деталей машин достигает 75 % от общего числа бракуемых деталей.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки распределительных валов грузовых автомобилей. В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением вибродуговой наплавки.

На основании проведённого анализа возможных способов ремонтной наплавки принято решение о замене вибродуговой наплавки на плазменную наплавку. За счёт замены способа восстановительной наплавки и предполагается получить снижение трудоемкости восстановительной наплавки и повышение качества выполнения работ.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при выполнении восстановительной наплавки распределительных валов.

## Содержание

Введение .....	5
1 Анализ состояния вопроса .....	8
1.1 Сведения об изделии .....	8
1.2 Сведения о материале изделия .....	10
1.3 Обоснование способа восстановления изделия .....	11
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы .....	18
2 Проектная технология восстановительной наплавки .....	20
2.1 Повышение эффективности восстановительной плазменной наплавки .....	20
2.2 Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов .....	23
2.3 Описание установки и участка для проведения восстановительной плазменной наплавки .....	25
2.4 Назначение параметров режима восстановительной плазменной наплавки .....	29
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений .....	31
3.1 Технологическая характеристика объекта .....	31
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений .....	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков .....	33
3.4 Обеспечение пожарной безопасности .....	33
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений .....	36
3.6 Заключение по разделу .....	37
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических	

решений . . . . .	38
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов . .	38
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования . . . . .	40
4.3 Расчет штучного времени . . . . .	41
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	45
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам . . . . .	51
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений . . . . .	56
Заключение по экономическому разделу . . . . .	58
Заключение . . . . .	60
Список используемой литературы . . . . .	61

## Введение

В настоящее время наблюдается сокращение производства деталей машин, которое происходит на фоне физического старения оборудования и транспорта. В связи с этим актуальным является решение проблемы эффективного использования элементов оборудования и деталей машин, повышения эксплуатационной надёжности и качества ремонтных работ. Техническая готовность парка машин напрямую зависит от обеспеченности запасными частями [1, 2, 3].

Выпуск большого числа запасных частей для оборудования и транспорта требует привлечения существенных материальных и трудовых затрат. В тоже время доля ремонтпригодных деталей машин достигает 75 % от общего числа бракуемых деталей [1, 3]. В связи с этим целесообразным будет организация вторичного использования изношенных деталей оборудования и транспорта после капитального ремонта, которая должна опережать производство запасных частей.

С точки зрения металлоёмкости ремонт деталей оборудования и транспорта требует меньших затрат материалов, чем выпуск новых деталей. Кроме того, проведение ремонта требует меньших временных затрат, чем изготовление новой детали. В связи с этим, организация ремонта будет экономически эффективнее, чем выпуск новых деталей. Таким образом, приоритетным направлением ресурсосбережения является восстановление работоспособности элементов оборудования и транспорта.

Современные технологии позволяют не только обеспечить свойства восстановленных деталей на уровне новых деталей, но и существенно улучшить эксплуатационные свойства по сравнению с новыми деталями. Таким образом, восстановление деталей машин приводит к стиранию грани между первичными и вторичными ресурсами. Вторичные ресурсы становятся новым, альтернативным источником материальных и технических благ.

Чтобы обеспечить постоянную готовность машинного парка, следует постоянно расширять и совершенствовать ремонтные технологии. Применительно к транспортным компаниям, эксплуатирующим большое количество грузового транспорта, остро стоит проблема постоянного выхода из строя распределительных валов, что происходит по причине в интенсивного изнашивания.

Как показывает статистика, выпуск техники снизился в 20...30 раз по отношению к 2000 году [3]. Эксплуатация оборудования и транспорта происходит в условиях резкого сокращения поставок. В связи с этим остро стоит вопрос обеспечения потребности в запасных частях. На фоне наблюдающегося дефицита запасных частей и повышения стоимости импортных деталей следует признать актуальной задачу выбора рационального способа восстановления распределительных валов и построения технологического процесса восстановления на основе современных достижений техники и науки. Это позволит не только уменьшить простои машин, но и получить экономию трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

Применение газотермического напыления при восстановлении валов встречает затруднения, связанные с высокой стоимостью наплавочных материалов. Себестоимость наплавленного вала в этом случае может достигать 50...60 % от стоимости нового вала [5]. Также следует отметить, что полученное методом газотермического напыления покрытие имеет низкую когезионную и адгезионную прочность. В связи с этим существенно снижается усталостная прочность таких покрытий [6].

Применение лазерных технологий восстановления [8] позволяет получить высокое качество поверхностного слоя. Однако лазерные технологии обладают низким КПД и существенной энергоемкостью процесса. В результате себестоимость лазерной наплавки оказывается достаточно высокой, и сама лазерная наплавка не находит широкого промышленного применения.

Эффективность ремонтных работ может быть повышена, а трудоёмкость – снижена, если применить новые, перспективные способы восстановления, к которым может быть отнесена плазменная наплавка. Этот способ восстановления деталей машин позволяет обеспечить увеличение сроков службы деталей за счёт использования порошковых износостойких наплавочных сплавов [4, 7].

Плазменная наплавка получила широкое промышленное применение благодаря трудам А.И. Сидорова, Н.М. Ожегова, И.С. Левитского, В.М. Кряжнова, М.М. Севернева, Н.Н. Подлекарева и других исследователей.

Существенный вклад в теоретическое обоснование выбора оптимального способа восстановления деталей оборудования и транспорта был внесён А.Н. Батищевым, М.Ю. Конкиным, В.И. Черноивановым и другими отечественными исследователями [14, 15, 16].

В большинстве случаев технология плазменной наплавки применяются в случае ремонта деталей вращения. У распределительного вала кулачки имеют достаточно сложную геометрию поверхности. Работа детали происходит в условиях трения скольжения и трения качения. Работа происходит в условиях действия нагрузок, которые соизмеримы с предельно-допустимыми нагрузками для материала вала.

Таким образом, плазменная наплавка обладает универсальностью, является одним из самых перспективных способов восстановления. Сочетания различных наплавочных порошков позволяют придавать требуемые свойства восстанавливаемой поверхности. При этом происходит минимальное воздействие на саму деталь [7].

**Целью** выпускной квалификационной работы является повышение ресурса работы распределительных валов грузовых автомобилей путём составления технологии восстановления и организации участка восстановительной наплавки.

## **1 Анализ состояния вопроса**

### **1.1 Сведения об изделии**

Изготовление распределительного вала автомобиля «ИВЕКО» (рис. 1.1) выполняется из стали 45 или аналогов. Для повышения эксплуатационных свойств закалке подвергают кулачки, эксцентрики, шестерни и опорные шейки. Закалку выполняют токами высокой частоты на глубину 2...5 мм. При этом твёрдость обработанных поверхностей достигает 52...62 HRC.

Распределительный вал обладает малой жёсткостью, поэтому при своей работе он подвергается переменным нагрузкам, которые разнесены по его длине и прилагаются со смещением по отношению друг к другу. Распределительный вал работает и на изгиб, и на кручение. В соединении «кулачок-толкатель» возникают значительные контактные давления. Они становятся причиной интенсивного износа вала.

В числе основных дефектов следует назвать: износ шпоночной канавки, износ опорных шеек, изгиб, износ шейки под распределительную шестерню, износ или повреждение резьбы, износ кулачков.

Если износ опорных шеек составляет более 0,1...0,4 мм, необходимо проводить их восстановление. Кулачки снашиваются в месте примыкания к вершине кулачка, при этом, если износ составляет 0,2...1,4 мм, требуется восстановление. Если на резьбе выкрашилось или сорвалось более двух ниток, следует выполнить восстановление резьбовой поверхности. Если валов получил изгибах, превышающий 0,1...0,15 мм, следует выполнить его правку. Если износ шпоночного паза составляет более 0,07...0,09 мм, следует провести восстановление шпоночного паза.



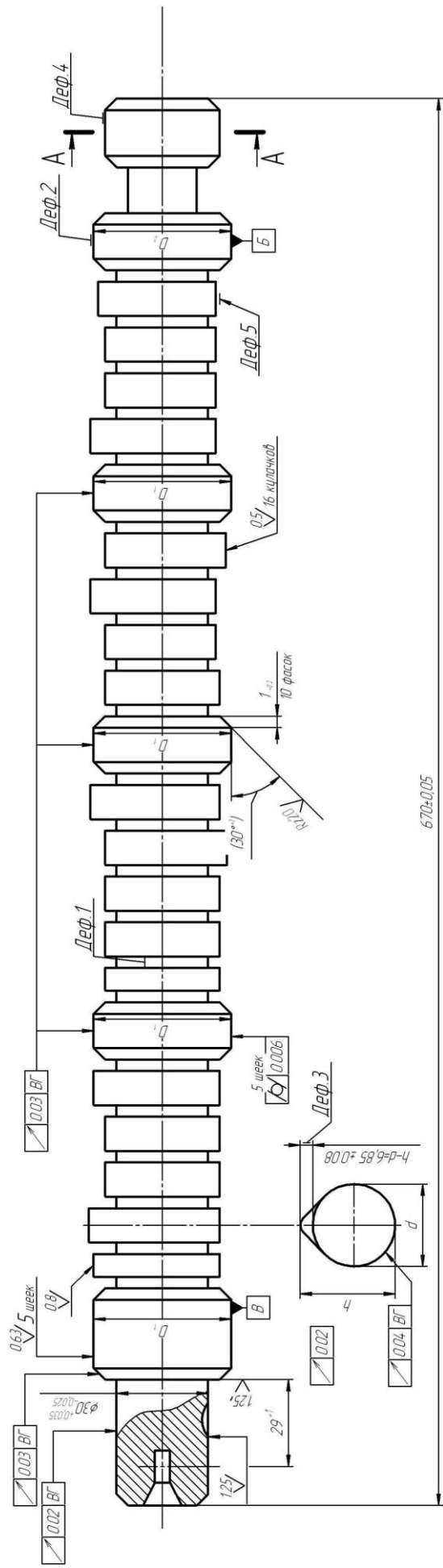


Рисунок 1.1 – Вал распределительный

В настоящее время разработаны и применяются различные способы восстановления распределительных валов. Ремонт кулачков выполняют шлифованием, сохраняя профиль кулачка, при этом перешлифовку кулачка выполняют до выведения следов износа с использованием шлифовального станка и копира. Если у кулачка наблюдается значительный износ, приходится снимать большое количество металла, при этом радиус закругления вершины кулачка уменьшается, и шлифование кулачка под ремонтный размер становится невозможным.

## 1.2 Сведения о материале изделия

Распределительный вал изготавливается из стали 45 или её аналогов. Сталь 45 относится к углеродистым качественным конструкционным сталям [10].

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 45

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Медь	Мышьяк
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	до 0,08

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 45

Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное		Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>
		Удлинение, %	Сужение, %	
355	430	17	35	340

Поскольку в стали 45 повышенное содержание углерода, при сварке такой стали приходится сталкиваться со следующими трудностями, зачастую нерешаемыми:

- 1) возникновение в околошовной зоне холодных трещин;
- 2) возникновение в металле шва горячих трещин;

3) сварное соединение не может быть получено со свойствами, близкими к свойствам основного металла.

Сталь 45 обладает следующими полезными свойствами:

- высокие эстетические и декоративные качества
- устойчивость к резким перепадам температур;
- высокая механическая прочность;
- пониженная чувствительность к коррозии.

Анализ свариваемости стали 45 позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Сталь 45 может быть отнесена к 4 группе по свариваемости – трудносвариваемая. При сварке таких сталей высокая вероятность получения закалочных структур, возникновения холодных трещин. Сварка таких сталей должна сопровождаться специальными технологическими приемами.

### **1.3 Обоснование способа восстановления изделия**

В большинстве случаев отказ вала происходит по причине износа его шеек. При превышении рабочих поверхностей вала пороговых значений требуется проведение ремонта, который не только ведёт к существенным материальным затратам, но и приводит к дополнительным убыткам вследствие простоя транспорта. По причине интенсивной эксплуатации и высоких скоростей изнашивания приходится выполнять шлифовку рабочих поверхностей вала в последний ремонтный размер. Далее, когда размеры рабочих поверхностей вала превышают предельные значения, его

выбраковывают. При этом зачастую вал не отработал назначенного ему ресурса.

В настоящее время промышленно внедрены следующие технологии восстановления и упрочнения, которые могут быть применены при ремонте распределительных валов [1, 10, 11, 12, 13]:

- если износ составляет порядка 0,5 мм, может быть применено восстановление нанесением гальванических покрытий: хромирование, или никелирование с последующим хромированием;
- автоматическая наплавка под флюсом, предусматривающая проведение последующего упрочнения поверхностно-пластического деформирования до твёрдости 62 HRC;
- плазменная наплавка с применением композиционных присадочных материалов;
- плазменное напыление;
- сверхзвуковая электродуговая металлизация;
- лазерное поверхностное легирование после шлифования шеек на ремонтный размер.

По результатам анализа литературных источников [17, 18, 19] можно сделать вывод, что оценка применимости того или иного способа восстановления может быть выполнена по одному из трёх критериев:

- технологический (критерий применимости)
- технический (критерий долговечности)
- технико-экономический.

Технологический критерий позволяет выбирать способ восстановления с учётом применимости данного способа для устранения рассматриваемого дефекта. При этом учитывается материал и длина детали, характер износа и другие конструктивные особенности детали. Технологический критерий позволяет назначить назначают все возможные способы, которыми может быть восстановлена рассматриваемая деталь.

После предварительного отбора способов восстановления, которые удовлетворяют технологическому критерию, следует применить к отобраным способам технический критерий. Для этого следует произвести анализ технических возможностей каждого способа применительно к случаю восстановления рассматриваемой детали. При этом необходимо оценить эксплуатационные свойства детали, которыми она будет обладать после восстановления. Оценку выполняют с применением таких показателей, как: износостойкость покрытия, сцепляемость покрытия с основой, усталостная прочность, микротвёрдость покрытия и его долговечность.

В работе [20] выполнен обзор и анализ применяемых в промышленности способов восстановления деталей машин. По результатам проведённых исследований заданы примерные коэффициенты износостойкости, выносливости и сцепляемости (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Значения коэффициентов, характеризующих способы восстановления деталей машин по техническому критерию [20]

Рассматриваемый способ восстановления детали	Принятое значение коэффициента для технологического критерия		
	Износостойкость ( $K_i$ )	Выносливость ( $K_B$ )	Сцепляемость ( $K_C$ )
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
Электрохимическая 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	0,8...1,0	1,0	1,0

По техническому критерию нами для восстановления рассматриваемой детали могут быть отобраны следующие способы:

- вибродуговая наплавка;
- наплавка в среде углекислого газа;
- плазменная наплавка;
- газопламенное напыление;
- плазменное напыление.

Согласно техническому критерию (критерий долговечности  $K_D$ ) выполним проверку отобранных способов восстановления. При воспользуемся формулой [20]:

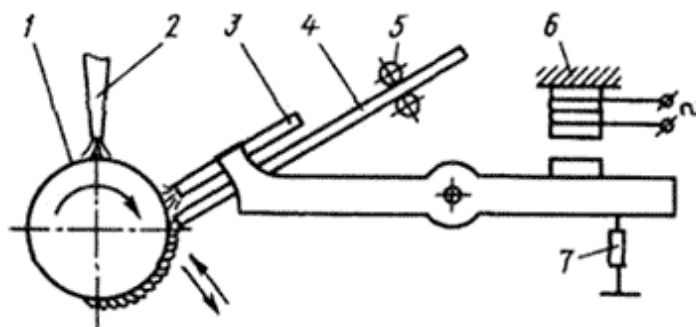
$$K_D = K_i \cdot K_B \cdot K_C . \quad (1.1)$$

После подстановки в (1.1) значений коэффициентов из табл. 1.3 получим значения критерия долговечности  $K_D$  для различных способов восстановления:

- вибродуговая наплавка:  $K_D = 1,15 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,03$ ;
- наплавка в среде  $CO_2$ :  $K_D = 1,4 \cdot 0,7 \cdot 1,0 = 1,0$ ;
- плазменная наплавка:  $K_D = 1,6 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,45$ ;
- газопламенное напыление:  $K_D = 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,4 = 0,4$ ;
- плазменное напыление:  $K_D = 1,3 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 0,6$ .

Вибродуговая наплавка (рис. 1.2) выполняется электродом диаметром 1,5...2 мм, в процессе наплавки к концу электрода прикладывают вибрации, амплитуда которых составляет 0,5...1,0 мм, а частота – 30...100 Гц. В процессе вибрации электрода происходит периодическое его замыкание на наплавляемое изделие, закорачивание и повторное возбуждение дуги. В результате таких периодических коротких замыканий часть электродного металла переходит на восстанавливаемое изделие. В процессе наплавки на изделие подают охлаждающую жидкость, которая представляет собой раствор кальцинированной соды. Благодаря интенсивному охлаждению

удаётся избежать перегрева и деформации детали. Также в результате интенсивного охлаждения наплавленный металл обладает повышенной твёрдостью.



- 1 – наплаваемое 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 1.2 – Схема вибродуговой наплавки

При восстановлении деталей машин с применением вибродуговой наплавки зачастую возможно получение низкого качества покрытия. Вибродуговая наплавка характеризуется высокой вероятностью получения пор, неравномерной твердости покрытия, которое может иметь неоднородную структуру. В результате в наносимом покрытии возникают существенные растягивающие напряжения, которые на 30...40% снижают усталостную прочность. В результате следует сделать вывод, что применительно к распределительным валам вибродуговая наплавка будет неэффективна.

Наплавка в среде углекислого газа (рис. 1.3) позволяет получить наплавленные слои высокого качества. Также следует отметить высокую производительность наплавки в углекислом газе. Как показывает практика, износостойкость покрытия, полученного наплавкой в среде углекислого газа, достаточно высокая, но уступает износостойкости покрытия, полученного плазменной наплавкой. Также следует учесть, что при наплавке в углекислом газе приходится бороться с разбрызгиванием электродного металла при наплавке на форсированных режимах. Это дополнительно ухудшает качество

наплавки и снижает её производительность приблизительно на 15% по сравнению с плазменной наплавкой.

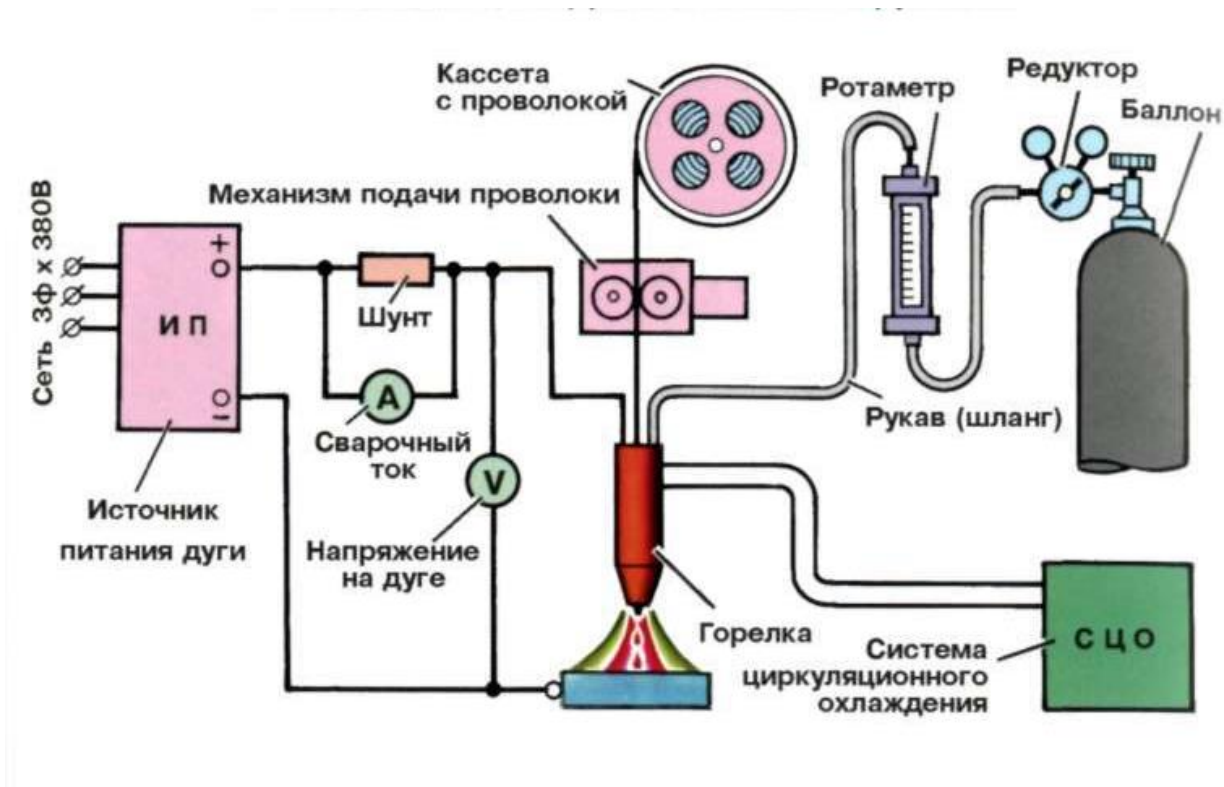


Рисунок 1.3 – Схема наплавки в углекислом газе

Газопламенное напыление (рис. 1.4) имеет существенный недостаток. Восстановленные детали плохо работают в условиях ударных нагрузок, что происходит из-за малой прочности сцепления покрытия с основной. Также следует учесть, что увеличение толщины напыляемого слоя приводит к возникновению в нём напряжений, в результате которых покрытие от основы отслаивается. Поэтому толщина напыляемого слоя не может быть больше 1...1,3 мм.

При газоплазменном напылении (рис. 1.5) создаётся плазменная струя, обладающая большой концентрацией тепла и высокой скоростью течения. В качестве материалов покрытия могут быть применены окислы металлов ( $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $ZrO_2$ ), карбиды ( $B_4C$ ,  $SiC$ ), силициды ( $MoSi_2$ ), бориды ( $ZnB_2$ ,  $HfB_2$ ), тугоплавкие металлы (вольфрам, молибден, тантал и др.). Эти материалы имеют высокую температуру плавления, подаются в плазменную струю в виде порошка (с размерами частиц порядка 40...70 мкм),



нагреваются в плазменной струе до пластического состояния. Из-за высокой скорости плазменного потока порошок приобретает кинетическую энергию, которая позволяет при соударении частицы порошка с деталью, расплющить частицу и внедрить её в тело детали, заполняя все неровности и дефекты. При ударе частицы порошка о поверхность детали кинетическая энергия частицы преобразуется в тепловую, что повышает температуру частицы и позволяет частицам прочно сцепляться с поверхностью детали и между собой.

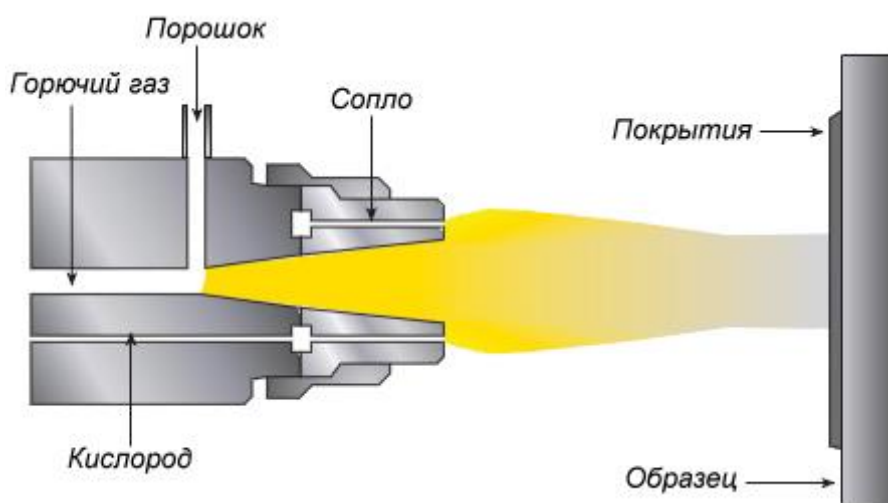


Рисунок 1.4 – Схема газопламенного напыления

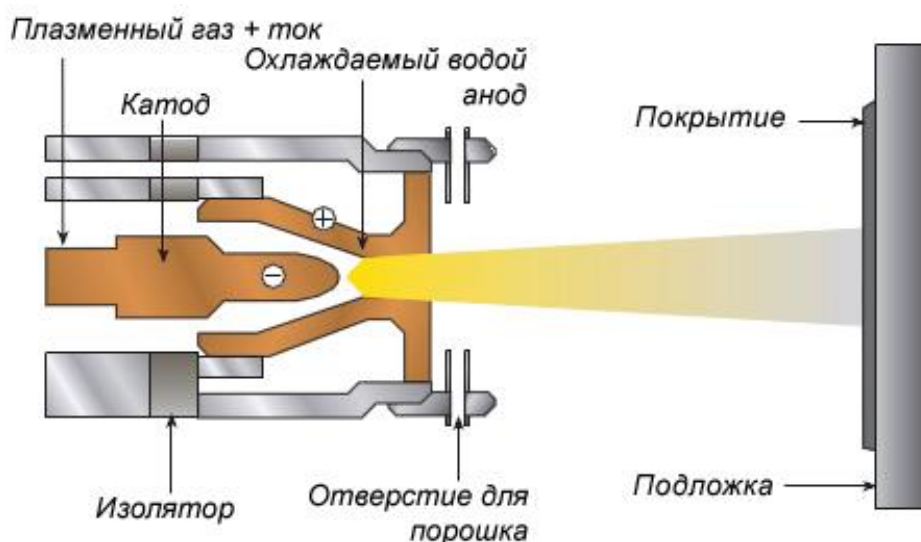


Рисунок 1.5 – Схема газоплазменного напыления

Восстановление деталей с применением плазменной наплавки (рис. 1.6) позволяет получить существенное сокращение расходов на наплавочные материалы, повышение эксплуатационных свойств восстановленных деталей. Плазменная наплавка может считаться одним из самых высокоэффективных технологических процессов. Техничко-экономические показатели (себестоимость, долговечность, производительность) плазменной наплавки существенно выше, чем показатели других способов восстановления деталей.

Плазменная наплавка с внесением порошка в плазменную струю позволяет достигнуть производительности наплавочных работ до 6 кг в час. Также следует учесть, что плазменная наплавка позволяет существенно уменьшить расход наплавочного порошка.

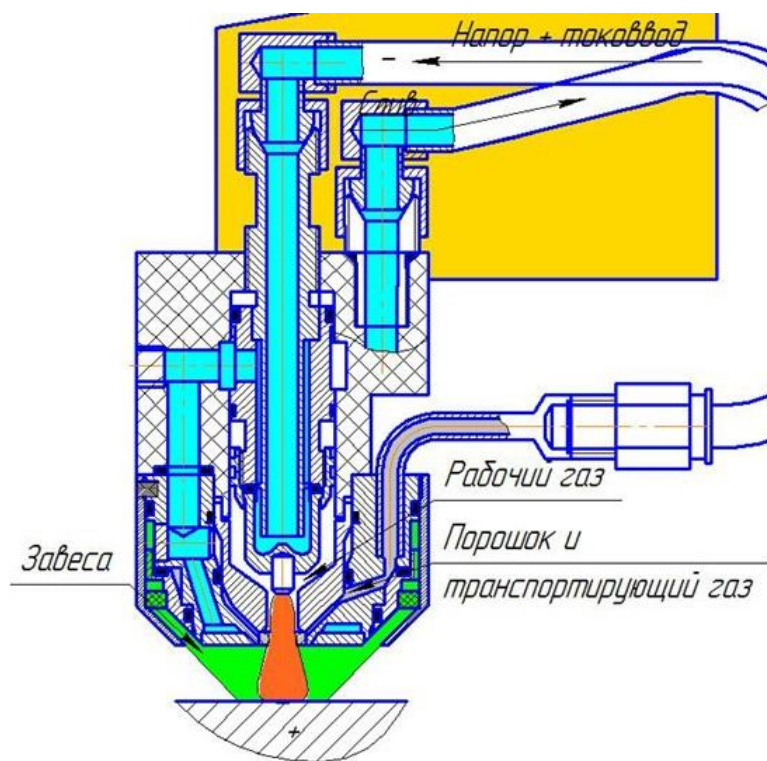


Рисунок 1.6 – Схема плазменной наплавки

#### 1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение ресурса работы распределительных валов грузовых автомобилей путём

составления технологии восстановления и организации участка восстановительной наплавки. Предварительный анализ состояния вопроса позволил доказать актуальность поставленной цели и темы выпускной квалификационной работы.

Применительно к случаю восстановления рассматриваемой детали – распределительный вал автомобиля «ИВЕКО» по технологическому критерию были отобраны следующие способы восстановления: вибродуговая наплавка; наплавка в среде углекислого газа; плазменная наплавка; газопламенное напыление; плазменное напыление.

Анализ отобранных способов восстановления по техническому критерию позволил установить, что для восстановления рассматриваемой детали следует применить плазменную наплавку, которая обладает универсальностью, является одним из самых перспективных способов восстановления.

На основании выполненных работ можно сформулировать задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) повысить эффективность плазменной наплавки применительно к случаю восстановления рассматриваемой детали;
- 2) составить проектную технологию восстановительной плазменной наплавки рассматриваемой детали;
- 3) выбрать оборудование для реализации проектной технологии и выполнить планировку участка восстановительной наплавки.

Последующее выполнение оценочных разделов выпускной квалификационной работы должно предусматривать:

- 1) анализ опасных и вредных производственных факторов и вред окружающей среде, которые возникают при реализации проектной технологии, формулировка мер по защите от них;
- 2) оценка экономической эффективности промышленного внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

## 2 Проектная технология восстановительной наплавки

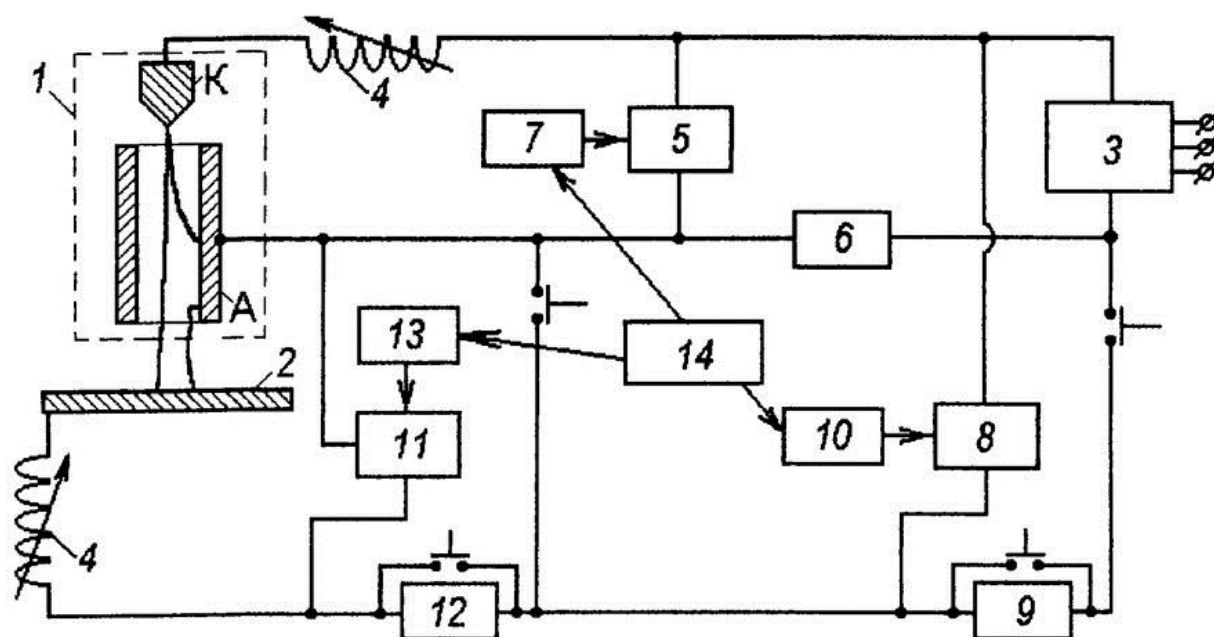
### 2.1 Повышение эффективности восстановительной плазменной наплавки

Модернизацию установки для восстановительной плазменной наплавки будем выполнять с учётом результатов работы [21]. Схема работы модернизированной установка (рис. 2.2) включает в себя: плазматрон 1, обрабатываемую деталь 2, источник постоянного тока 3.

Дуга прямого действия горит между катодом «К» плазматрона 1 и деталью 2, она служит для термической активации поверхности перед наплавкой. Для зажигания дуги прямого действия служат элементы схемы: плазматрон 1, источник питания 3, дроссель 4, балластный реостат 9, модулятор дуги прямого действия 8 и блок управления дугой прямого действия 10. При помощи модулятора 8 осуществляется управление горением дуги прямого действия. Регулирование силы тока дуги осуществляется посредством реостата 9. Сила тока дуги прямого действия устанавливается в пределах 15...20 А, напряжение дуги прямого действия - 130...160 В, частота модуляции – 900...1600 Гц при амплитуде мощности импульсов 50...100 кВт, длительность каждого импульса дуги прямого действия – 300...500 мкс.

Дуга косвенного действия горит между катодом "К" и анодом "А" плазматрона 1. Для зажигания дуги прямого действия служат элементы схемы: плазматрон 1, источник питания 3, балластный реостат 6, модулятор 5, блок управления 7. После зажигания дуги косвенного действия в неё начинают подавать 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.



1 - плазматрон, 2 - обрабатываемая деталь, 3 - источник постоянного тока, 4 - дроссель, 5 - модулятор косвенной дуги, 6 - балластное сопротивление, 7 - блок управления, (контур дуги косвенного действия); 8 - модулятор дуги прямого действия, 9 - балластное сопротивление, 10 - блок управления, (контур дуги прямого действия между катодом "К" и деталью); 11 - модулятор, 12 - балластное сопротивление, 13 - блок управления, (контур дуги прямого действия между анодом "А" и деталью); 14 - блок согласования работы модуляторов.

Рисунок 2.1 – Принципиальная схема модернизированной установки плазменной наплавки

Оплавление наносимого покрытия происходит благодаря второй дуге прямого действия, которая горит между анодом "А" деталью. В контур второй дуги прямого действия входят деталь 2, дроссель 4 и балластный реостат 12. Управление горением дуги производится модулятором 11 и блоком управления 13. При помощи балластного реостата 12 и модулятора 11 задают силу тока 8...15 А, напряжение 110...150 В. Параметры импульса тока: амплитуда – 100...250 кВт, частота модуляции – 300...400 Гц, длительность импульса 1400...1600 мкс.

Из-за действия прямой дуги, которая горит между катодом и деталью, поверхность детали предварительно прогревается. Из-за действия прямой дуги между анодом и деталью происходит окончательное оплавление покрытия. Прочность сцепления покрытия и основы существенно возрастает. Подготовку поверхности перед плазменной наплавкой выполняем с применением пескоструйной установки (рис. 2.3).

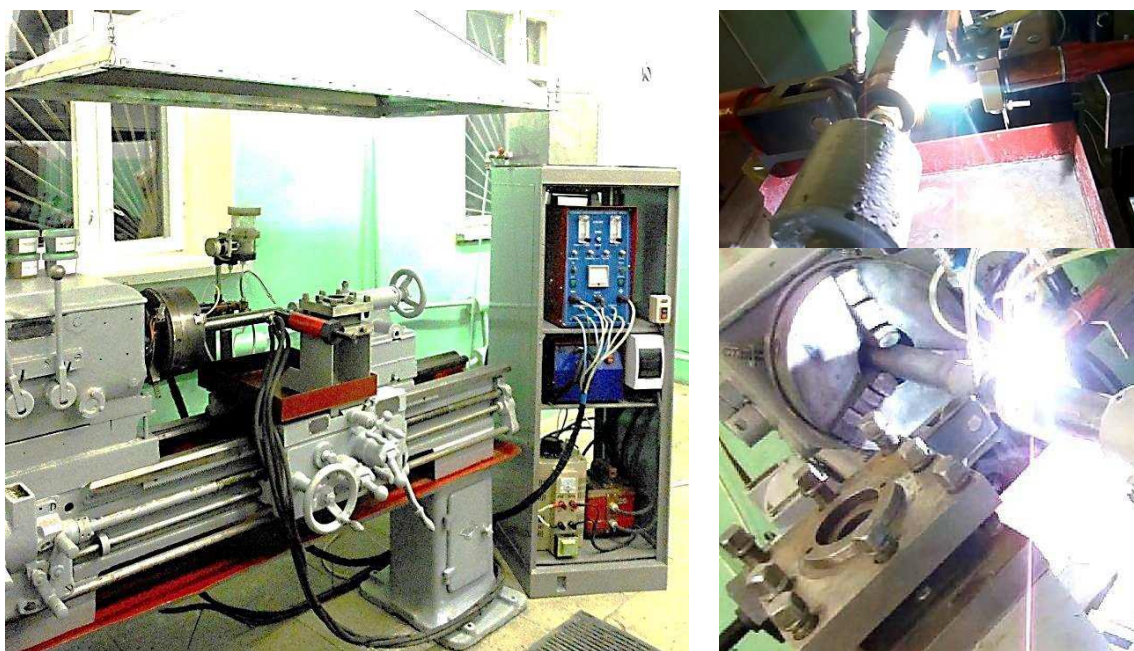


Рисунок 2.2 – Модернизированное оборудование для проведения плазменной наплавки валов

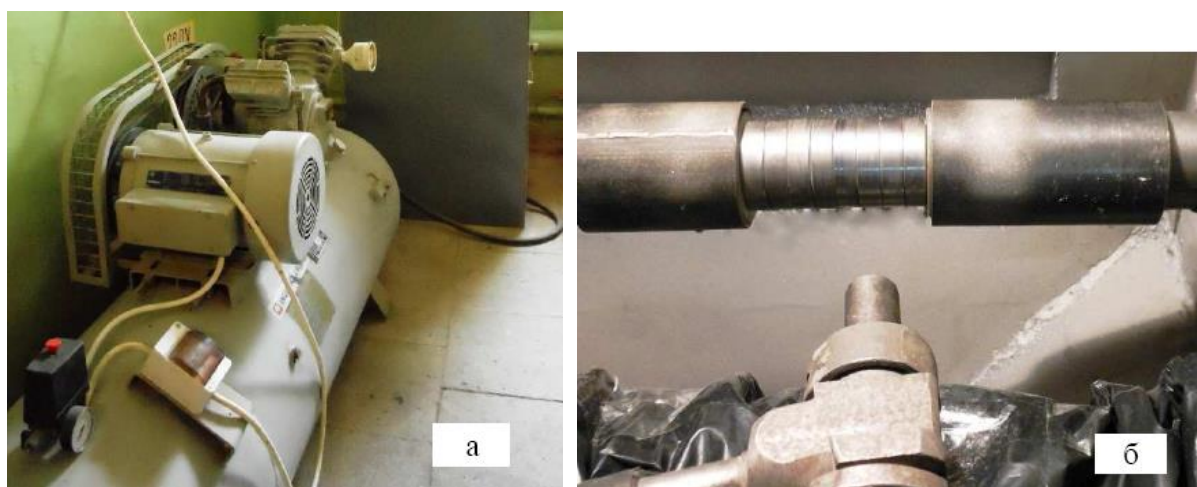


Рисунок 2.3 – Оборудование для пескоструйной обработки: а – компрессор и пескоструйная камера; б – обрабатываемые ролики и сопло пескоструйного аппарата



## **2.2 Выбор наплавочного порошка, плазмообразующего и транспортирующего газов**

Восстановительную плазменную наплавку выполняют с применением износостойких присадок, которые могут существенно отличаться от основного металла по составу и структуре. При этом возникает опасность получения деформаций и трещин в наплавленном металле. Чтобы избежать этого, следует получать минимальные размеры зоны плавления, которая по своей структуре должна позволять релаксацию напряжений. Если выполнять плазменную наплавку твёрдыми порошковыми сплавами, может быть получена высокая износостойкость покрытия, однако в зоне сплавления возникают хрупкие прослойки, которые не позволяют получить наплавленный слой высокой прочности. С учётом этого, если восстанавливаемая деталь будет работать в условиях знакопеременных нагрузок, для восстановительной наплавки следует использовать наплавочный материал с большей пластичностью, даже в ущерб прочности износостойкости.

Порошковые высоколегированные присадочные материалы обладают особыми свойствами по сравнению с монолитными проволоками. Вследствие того, что порошковые материалы имеют развитую поверхность, химические реакции в дуге и сварочной ванне происходят значительно быстрее, снижается температура формирования наплавленного слоя, повышается его прочность. Износостойкость покрытия, полученных с применением порошковых твёрдых сплавов, превышает в 1,5 раза износостойкость покрытий, полученных с применением традиционных наплавочных материалов, к которым могут быть отнесены износостойкие электродные проволоки, порошковые проволоки, ленты. При восстановительной наплавке порошковыми материалами не только происходит восстановление свойств детали, но и увеличение её ресурса по сравнению с новыми деталями.

Восстановительная плазменная наплавка может быть выполнена с применением порошков твёрдых сплавов на железной (ПГ-С27, ПГ-УС25, ПГ-ФБС6-2, ПГ-С1) или никелевой (ПР-Н70Х17С4Р4, ПР-Н77Х15С3, ПР-Н73Х16С3Р3) основе. При использовании порошков на железной основе твёрдость покрытия может составлять 42...60 НRC, при использовании порошков на никелевой основе – 35-58 НRC. Поскольку мелкие частицы порошка могут сильно окисляться и забивать сопло плазматрона, следует контролировать, чтобы грануляция порошков для наплавки составляла не менее 100 мкм.

В качестве плазмообразующего газа может быть использован аргон, расход которого устанавливают 1,5...2 л/мин. В качестве транспортирующего газа могут быть применены аргон, и азот. При этом расход аргона устанавливают 6...10 л/мин, расход азота устанавливают 10...16 л/мин. Применение в качестве транспортирующего газа аргона позволяет повысить качество восстановительной наплавки. Однако, применительно к рассматриваемому изделию, целесообразно использовать азот, который намного дешевле. Применение азота в качестве транспортирующего газа вместе с порошками на железной основе (табл. 2.1) позволяет получать высокое качество покрытия.

Таблица 2.1 – Химический состав порошков на железной основе

Марка порошка	Содержание химических элементов								
	Ni	C	Cr	Si	B	Fe	Mn	W	Mo
ПГ-ФБХ-6-2	1,3 – 2,5	3,5 – 6,5	32 – 37	1,0 – 2,5	1,3 – 2,0	Основа	0,4 – 1,5	1,5 – 4,0	-
ПГ-СР4	3 – 5	3,1 – 4,3	27 – 31	1,0 – 3,0	—	Основа	0,5 – 1,3	0,4 – 0,7	0,15



### 2.3 Описание установки и участка для проведения восстановительной плазменной наплавки

Восстановление распределительных валов будет выполнять плазменной на модернизированной установке, которая была смонтирована на базе токарного станка 16К20.

Получение плазмы будет происходить в блоке, который собран на базе установки плазменного напыления УПП-5-68.

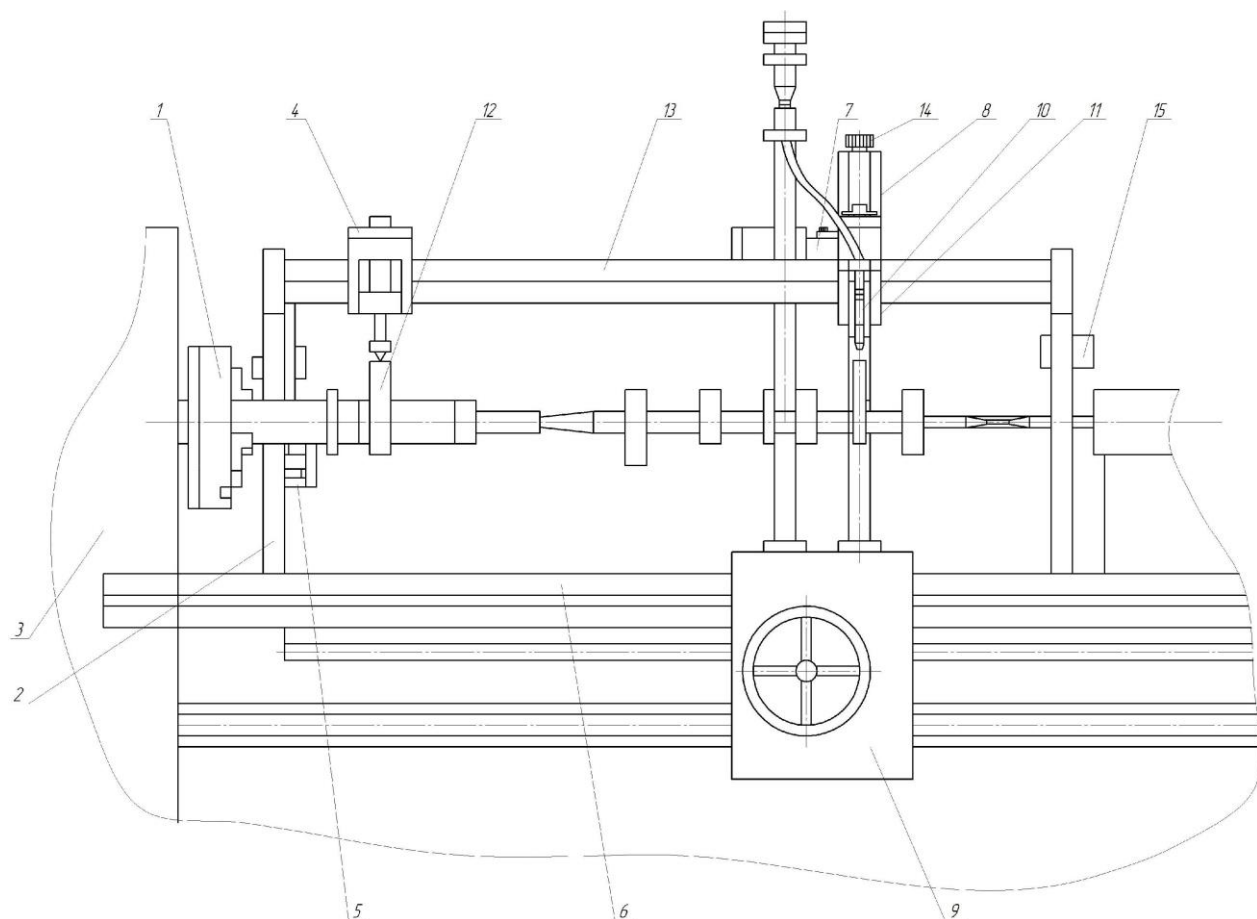
Восстановительная наплавка кулачков распределительного вала может встретить ряд трудностей. Основная трудность заключается в необходимости проведения наплавки равномерно по всей площади кулачка. Для этого было предложено устройство, которое включает в себя копир, позволяющий проведение наплавки со всех сторон кулачка. Разработанное устройство закрепляют на вращателе установки.

Установка для восстановительной плазменной наплавки работает по следующему принципу (рис. 2.4).

Таблица 2.2 – Техническая характеристика установки для плазменной наплавки

Наименование показателя	Единица измерения	Характеристика
1. Число оборотов привода	Оборотов в минуту	0-12
2. Характер регулирования	-	плавный
3. Минимальный диаметр обработки цилиндрической детали	мм	10
4. Максимальный диаметр обработки цилиндрической детали	мм	100
4. Максимальная длина обрабатываемой детали	мм	1400
5. Максимальная высота кулачков	мм	10
6. Время замены копира	минут	0,45
7. Максимальный эксцентриситет обрабатываемой поверхности	мм	10
8. Расход порошкового материала	грамм в минуту	8...30
9. Амплитуда колебаний плазмотрона	мм	до 25
10 Частота колебаний в минуту	-	40...80
11. Характер регулирования колебаний	-	плавный

Перед выполнением операции наплавки необходимо зафиксировать распределительный вал относительно станка. Для этого используется базирующий вал, который имеет резьбовое отверстие, в это отверстие по резьбе ввинчивают наплавляемый вал ввинчивают в базирующий вал и фиксируют при помощи винта на шпоночном пазе. Далее базирующий вал закрепляют в патроне 1 станка.



1 – патрон вращателя, 2 – механизм поперечных колебаний, 3 – вращатель, 4 – каретка, 5 – командоаппарат, 6 – рама, 7 – механизм продольных колебаний, 8 – каретка, 9 – суппорт, 10 – плазменная горелка, 11 – поводок, 12 – копир, 13 – направляющая, 14 – крышка плазматрона, 15 – стойка для баллонов

Рисунок 2.1 – Общий вид установки для плазменной наплавки

Базирующий вал снабжён копиром 12. Поддержку второго – свободного конца распределительного вала обеспечивает задним центром станка. Относительно восстанавливаемого вала перемещается копирующая поверхность, которая имеет пружины и пазы во втулке. Повторение профиля кулачка обеспечивается копиром 12 и кареткой 4, которая имеет опорный

элемент. При этом каретка 4 позиционируется относительно копира 12 и своим опорным элементом соприкасается с копирующей поверхностью копира. Сам опорный элемент имеет форму пирамиды, конуса или клина, что позволяет обеспечивать контакт с копирующей поверхностью копира 12 по линии или в одной точке. Плазменная горелка 10 установлена на рабочей каретке 4. Перемещение вдоль восстанавливаемого вала каретки 4 с установленной на ней плазменной горелкой 10 происходит по направляющей 13. Перемещения осуществляются продольным суппортом 9, который снабжён механизмом колебаний 7 и поводковым элементом 11.

Копирование восстанавливаемого вала происходит за счёт вертикального перемещения горелки и согласованного с ним вращения детали. Передача вращения к восстанавливаемой детали от патрона 1 производится копиром 12. При этом опорный элемент каретки 4 опирается на вращающуюся копирующую поверхность копира 12. Опорный элемент передаёт движение на раму 6 и направляющую 13, далее перемещение передаётся плазменной горелке 10.

Передачу каретке 4 продольных колебаний относительно восстанавливаемого вала осуществляет колебательный механизм 7 и поводковый элемент 11. При этом поводковый элемент 11 снабжён пазами, которые входят в зацепление с цилиндрическими пальцами на рабочей каретке 4. Сам поводковый элемент 4 имеет возможность поворота вокруг своей продольной оси, что обеспечивает уравнивание сил, которые возникают в месте контакта пазов и пальцев. Подача наплавочного порошка к плазматрону осуществляется от порошкового питателя через трубку.

При помощи командоаппарата 5 выполняется автоматическое изменение угловой скорости вращения восстанавливаемого вала.

Для снижения давления опорного элемента на копирующую поверхность копира 12 используются противовесы.

При помощи регулировочного винта, установленного на каретке 4, можно осуществлять регулировку положения плазмотрона 10

относительного восстанавливаемого вала. Вращение регулировочного винта обеспечивает вертикальное перемещение плазматрона 10 в рабочей каретке. Необходимо следить, чтобы расстояние от торца защитного сопла до детали составляло 10...12 мм.

Продольные оси плазматрона 10 и опорного элемента должны пересекаться с продольной осью восстанавливаемого вала. Для этого необходимо использовать регулировочный винт на каретке 4.

Передача колебаний каретке 4 должно происходить как при наплавке цилиндрической части, так и при наплавке кулачка. Механизм продольных колебаний 7 крепится на суппорте 9. Опорный элемент устанавливают на цилиндрическую часть копира, а нижнюю часть П-образной вилки устанавливают с зазором 1,5...2 мм относительно нижней поверхности рабочей каретки 4. Необходимо обеспечить зацепление верхней части вилки с верхним пальцем каретки 4 и нижней части вилки с нижним пальцем каретки 4. Далее следует повернуть копир до соприкосновения опорного элемента с вершиной копира. При таком положении следует проследить, чтобы пазы вилки оставались в зацеплении с пальцами каретки, а верхняя часть вилки не касалась каретки.

Настройка командоаппарата 5 предполагает нахождение и фиксирование такого положения концевого выключателя, которое обеспечивает автоматическое изменение режима обработки. Найденное положение должно соответствовать переходу опорного элемента с цилиндрической части на начало кулачка.

Настройка наплавочной установки на восстановление другого вала обеспечивается сменой копира в патроне 1 вращателя и за счёт регулировки положения опорного элемента и плазматрона.

## 2.4 Назначение параметров режима восстановительной плазменной наплавки

Условия работы распределительного вала грузового автомобиля характеризуются действием знакопеременных нагрузок. Восстановление кулачков распределительного вала будет вестись с применением порошковых твёрдых сплавов. В большинстве случаев при восстановлении кулачка распределительного вала необходимо выполнить наплавку верхушки кулачка. Однако, в случае существенных износов кулачка, становится необходимым наплавка по профилю и шлифовка под номинальный размер кулачка. Для наплавки используют копировальное устройство, которое смонтировано на токарном станке.

Параметры режима восстановительной плазменной наплавки распределительных валов назначаем с использованием источника [22]: расход плазмообразующего газа – 1,2...2 л/мин, расход транспортирующего газа – 7...9 л/мин, частота колебаний плазмотрона – 0,4...0,5 Гц; расстояние от плазмотрона до детали – 9...12 мм.

Таблица 2.3 – Параметры режима восстановительной 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	12 – 14	10 – 12

Таблица 2.4 – Параметры режима черновой и чистовой шлифовки

Параметры обработки	Режимы обработки	
	Круг ПП600 × 25 × 305 ЭБ16-25С1Б ЭБ16-25С1К	ПП600 × 25 × 305 КЧ16-25С1К КЗ 16-25С1К
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

### Заключение по второму разделу

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение ресурса работы распределительных валов грузовых автомобилей путём составления технологии восстановления и организации участка восстановительной наплавки. Предварительный анализ состояния вопроса позволил доказать актуальность поставленной цели и темы выпускной квалификационной работы.

На основании выполненных работ были сформулированы и решены задачи: 1) повысить эффективность плазменной наплавки применительно к случаю восстановления рассматриваемой детали; 2) составить проектную технологию восстановительной плазменной наплавки рассматриваемой детали; 3) выбрать оборудование для реализации проектной технологии и выполнить планировку участка восстановительной наплавки.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает: 1) анализ проектной технологии, выявление опасных и вредных производственных факторов, оценку безопасности проектной технологии; 2) оценку экономической эффективности предлагаемых технических решений.

### 3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

#### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки распределительных валов грузовых автомобилей. В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением вибродуговой наплавки. На основании проведённого анализа возможных способов ремонтной наплавки принято решение о замене вибродуговой наплавки на плазменную наплавку.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
1. Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая	Моющий раствор, вода техническая, ацетон, дробь стальная
2. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик	Электропечь СНО	-
3. Наплавка на дефектное место	Электросварщик	Источник питания плазменной установки, плазменная установка	Наплавочный порошок, аргон

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
4. Термическая обработка	Слесарь-сборщик	Электропечь СНО	-
5. Механическая обработка	Слесарь-сборщик	Токарный станок	СОЖ
6. Контроль качества	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер	масло

### 3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей о угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Проведение предварительного подогрева	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ;</li> <li>- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов</li> </ul>	Электропечь СНО
3. Наплавка на дефектное место	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> <li>- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;</li> <li>- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации</li> </ul>	Источник питания плазменной установки, плазменная установка



### Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Термическая обработка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Электропечь СНО
5. Механическая обработка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Токарный станок
6. Контроль качества	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Ультразвуковой дефектоскоп

### 3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохраняющая окраска, предупреждающие плакаты.	-

### Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала применяющихся при пожаре	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция наплавки, контрольные операции.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

### 3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Ремонтная наплавка	Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция наплавки, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

### **3.6 Заключение по разделу**

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

## 4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

### 4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки распределительных валов грузовых автомобилей. В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением вибродуговой наплавки.

На основании проведённого анализа возможных способов ремонтной наплавки принято решение о замене вибродуговой наплавки на плазменную наплавку. За счёт замены способа восстановительной наплавки и предполагается получить снижение трудоемкости восстановительной наплавки и повышение качества выполнения работ.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	$P_p$		V	V
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м <sup>2</sup>	11	11
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	3000	3000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт-з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	400000	800000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	15	20

## Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

### 4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа наплавочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{cm}, \quad (4.1)$$

где  $T_{cm}$  – продолжительность рабочей смены в часах;

$D_p$  – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{п}$  – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{п}$  – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{cm}$  – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений



соответствующих переменных, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Расчёт эффективного фонда времени работы наплавочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где  $B$  – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

### 4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}}, \quad (4.3)$$

где  $t_{\text{шт}}$  – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{маш}}$  – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{ВСП}}$  – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{\text{ВСП}} = 10\%$  от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОБСЛ}}$  – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$  от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОТЛ}}$  – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$  от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{П-З}}$  – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{\text{П-З}} = 1\%$  от  $t_{\text{МАШ}}$ .

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\Theta}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4.4)$$

где  $F_{\text{э}}$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Пг_{\text{баз.}} = 2054/1,89 = 1086 \text{ ремонтных наплавов за год};$$

$$Пг_{\text{проектн.}} = 2054/0,76 = 2700 \text{ ремонтных наплавов за год}.$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы  $П_{\text{г}}=1000$  ремонтных наплавов в год.

Требуемое в этом случае количество наплавочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot П_{\text{г}}}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{ВН}}}, \quad (4.5)$$

где  $П_{\text{г}}$  – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо наплавить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_{\text{Э}}$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{\text{ВН}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{1,89 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,9$$

$$n_{\text{РАСЧ.ПР}} = \frac{0,76 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,03} = 0,40$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где  $n_{\text{расч}}$  – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{пр}$  – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{зб} = 0,9/1 = 0,9,$$

$$K_{зп} = 0,4/1 = 0,4.$$

#### **4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки**

При ремонтной наплавке используются сварочные материалы. Базовая технология наплавки предусматривает вибродугой наплавки, для которой расходным материалом являются электродная проволока и углекислый газ. Проектная технология восстановительной наплавки предусматривает применение плазменной наплавки, для которой расходными материалами будут защитный газ и наплавочный порошок. Затраты на наплавочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где  $C_m$  – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии ремонтной наплавки с применением ручной дуговой наплавки

сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью их исправления. В проектном варианте технологии предложено использовать плазменную наплавку. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать изделия без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при восстановительной наплавке по базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

$$M_{\text{проектн.}} = 310 \cdot 0,448 + 90 \cdot 0,213 = 158,05 \text{ руб.}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$ .

Объём  $Z_{\text{осн}}$  основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

$K_{\text{д}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

Объём  $Z_{\text{доп}}$  дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где  $K_{\text{доп}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\begin{aligned} Z_{\text{доп.базов.}} &= 710,64 \cdot 12 / 100 = 85,28 \text{ рублей;} \\ Z_{\text{доп.проектн.}} &= 285,76 \cdot 12 / 100 = 34,29 \text{ рублей;} \\ \text{ФЗП}_{\text{базов.}} &= 710,64 + 85,28 = 795,92 \text{ рублей;} \\ \text{ФЗП}_{\text{проектн.}} &= 285,76 + 34,29 = 320,05 \text{ рублей.} \end{aligned}$$

Объём  $O_{\text{сн}}$  отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (4.10)$$

где  $K_{\text{сн}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\begin{aligned} O_{\text{сн баз.}} &= 795,92 \cdot 34 / 100 = 270,61 \text{ руб.}, \\ O_{\text{сн проектн.}} &= 320,05 \cdot 34 / 100 = 108,82 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Объём  $Z_{об}$  финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.11)$$

где  $A_{об}$  – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{э-э}$  – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (2.12)$$

где  $Ц_{об}$  – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

$N_a$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{МАШ}$  – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_э$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:



$$A_{об.б} = \frac{400000 \cdot 21,5 \cdot 1,89}{2054 \cdot 100} = 79 \text{ рублей}$$

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

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{ман} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где  $M_{уст}$  – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$Ц_{э-э}$  – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{э-эб} = \frac{15 \cdot 1,89 \cdot 3,02}{0,7} = 122 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{20 \cdot 0,76 \cdot 3,02}{0,85} = 54 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 79 + 122 = 201 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 64 + 54 = 118 \text{ рублей}$$

Значение  $C_{\text{тех}}$  показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, значения которых были округлены до целых, имеем:

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

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

Значение  $C_{\text{цех}}$  показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где  $K_{\text{ЦЕХ}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

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

Значение  $C_{\text{зав}}$  показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.16)$$

где  $K_{ЗАВ}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

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

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	129	158
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	796	320
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	271	109
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	201	118
5. Величина технологической себестоимости	Стех	1397	705
6. Объём цеховых расходов	Рцех	1067	429
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	2464	1134
8. Объём заводских расходов	Рзав	818	329
9. Величина заводской себестоимости	$C_{ЗАВ}$	3282	1463

#### 4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение  $K_{общ}$  капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.17)$$

где  $K_3$  – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$  –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

$n$  – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину  $Ц_{\text{ОБ.Б}}$  остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Ц_{\text{ОБ.Б}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (4.18)$$

где  $Ц_{\text{ПЕРВ.}}$  – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$T_{\text{СЛ}}$  – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

$N_A$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.17) и (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

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

Величину  $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$  общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = K_{\text{ОБ.ПР}} + K_{\text{ПЛ.ПР}} + K_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.19)$$

где  $K_{\text{ОБ.ПР}}$  – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$  – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{СОП.ПР}}$  – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём  $K_{\text{ОБ.ПР}}$  капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = C_{\text{ОБ.ПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.20)$$

После подстановки в формулу (2.20) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

Объём  $K_{\text{СОП}}$  сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.21)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$  – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты  $K_{\text{ДЕМ}}$  на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

Затраты  $K_{\text{МОН}}$  на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = Ц_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.23)$$

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

После подстановки в формулу (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 20000 + 40000 = 60000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 336000 + 60000 = 396000 \text{ руб.}$$

Размер  $K_{\text{ДОП}}$  дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩ.ПР}} - K_{\text{ОБЩ.}} \quad (4.24)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

Размер  $K_{\text{УД}}$  удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где  $\Pi_{\Gamma}$  – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

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

#### **4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений**

Снижение  $\Delta t$  трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.26)$$

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

Повышение  $\Pi_T$  производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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



Снижение  $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$  технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{1397 - 705}{1397} \cdot 100\% = 50\%$$

Условно-годовую экономию  $\text{Пр}_{\text{ож}}$  (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \text{П}_{\Gamma} \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (3282 - 1463) \cdot 1000 = 1819000 \text{ руб.}$$

Срок  $T_{\text{ок}}$  окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{OK} = \frac{296000}{1819000} = 0,16$$

Годовой экономический эффект  $\mathcal{E}_r$  в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

### **Заключение по экономическому разделу**

В настоящем разделе выпускной квалификационной работы выполнена оценка экономической эффективности внедрения предлагаемых технологических решений в промышленное производство. Для этого проведён расчёт затрат при восстановительной наплавке по базовой технологии и расчёт затрат при восстановительной наплавке по проектной технологии, далее выполнено сравнение экономических показателей рассматриваемых вариантов технологии.

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки валов с применением вибродуговой наплавки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. В проектном варианте технологии предложено использовать плазменную наплавку. В результате

предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать наплавленную поверхность без дефектов.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 60 %, увеличивается производительность труда на 150 %, уменьшается технологическая себестоимость на 50 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 1,8 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,16 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

## Заключение

В работе поставлена цель – повышение ресурса работы распределительных валов грузовых автомобилей путём составления технологии восстановления и организации участка восстановительной наплавки.

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки валов с применением вибродуговой наплавки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. В проектном варианте технологии предложено использовать плазменную наплавку. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать наплавленную поверхность без дефектов.

На основании выполненного анализа обоснована эффективность применения ремонтной плазменной наплавки.

В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) повысить эффективность плазменной наплавки применительно к случаю восстановления рассматриваемой детали; 2) составить проектную технологию восстановительной плазменной наплавки рассматриваемой детали; 3) выбрать оборудование для реализации проектной технологии и выполнить планировку участка восстановительной наплавки.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при выполнении восстановительной наплавки распределительных валов.

## Список используемой литературы

1. Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014
2. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет.: К.В. Фролов (пред.) [и д.р.] – М.: Машиностроение. – Измерения, контроль, испытания и диагностика. Т. III-7 / В.В. Ключев [и д.р.]; под общ. Ред. В.В. Ключева – 1996, 464 с.
3. 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.
4. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
5. Камкин, С.В. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок / С.В. Камкин, И.В. Возницкий, В.Ф. Большаков. – М.: Транспорт, 1996. – 422 с.
6. 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.
7. 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.
8. Биргер, Е.М. Промышленная лазерная наплавка: современное состояние и тенденции / Е.М. Биргер, Г.В. Москвитин, А.Н. Поляков, В.Е. Архипов, // Сварочное производство. – 2009. – № 9. – С. 3–8.

9. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
10. Хмелевская, В.Б. Технологии восстановления и упрочнения деталей судовых механизмов и триботехнические характеристики покрытий / В.Б. Хмелевская, Л.Б. Леонтьев, Ю.Г. Лавров. – СПб.: СПГУВК, 2002. – 309 с.
11. Беленов, А.С. Восстановление высоконагруженных коленчатых валов сверхзвуковым плазменным газовойздушным напылением / А. С. Беленов, А.И. Шестаков // Пленки и покрытия – 2001 (Труды 6-й междунар. Конференции «Пленки и покрытия». – 1998. – С. 473–476.
12. Сергеев, В.В. Создание центра по восстановлению коленчатых валов дизельных двигателей электродуговой металлизацией / В.В. Сергеев, А.А. Корноухов // Технологии ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций: Материалы 6-й междунар. научно-практ. конференции. – СПб.: 2004. – С. 227–230.
13. Зяблов, О. К. Применение лазерной технологии при ремонте коленчатых валов судовых двигателей: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Нижний Новгород., 2000.
14. Батищев А.Н. Методика оптимизации способов восстановления деталей // Организация и технология ремонта машин. - М.: РГАЗУ, 2000. – С. 174 – 178.
15. Конкин М.Ю. Ресурсосбережение при эксплуатации автотранспортной техники: Автореферат дисс... канд. техн. наук. - М.: МГАУ, 1998. – 16 с.
16. Черноиванов В.И. Состояние и перспективы технического сервиса в АПК России. - М.: ГОСНИТИ, 1997. – 166 с.
17. Конкин, М.Ю. Ресурсосбережение при эксплуатации автотракторной техники. - М.: Информагротех, 1998. – 73 с.

18. Рекомендации для расчета ремонтного фонда и производственных мощностей предприятий по ремонту агрегатов и узлов тракторов и автомобилей. - М.: ГОСНИТИ, 1979.

19. Рекомендации по созданию и эксплуатации поточно-механизированных линий восстановления деталей. - М.: ГОСНИТИ, 1985.

20. 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.

21. Патент РФ № 2211256 Способ нанесения покрытия / Д.И. Станчев, А.М. Кадырметов, А.В. Винокуров, В.Н. Бухтояров. – 2003.

22. Сидоров, А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – Москва: Машиностроение. – 1987. – 192 с.

23. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

24. Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.

25. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

26. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

27. Кудинова, Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. / Г. Э. Кудинова. – Тольятти: ТГУ, 2005. – 35 с.

28. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.