

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 Технология восстановления распределительного вала грузового
автомобиля MAN

Обучающийся	<u>А.А. Старцев</u> (И.О. Фамилия)	<u></u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент А.Г. Бочкарев</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
Консультанты	<u>к.э.н., доцент О.М. Сярдова</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	
	<u>к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	

Аннотация

При продолжительной работе дорожной техники происходит интенсивный износ её элементов, из-за чего организатору грузоперевозок приходится решать вопрос обеспечения предприятия запасными частями. От того, насколько эффективно решается этот вопрос, зависят экономические показатели предприятия и всей отрасли. На основании этого следует признать актуальность направления, в котором ведутся исследования в настоящей работе.

Выпускная квалификационная работа включает введение, четыре раздела, заключение и библиографический список. Во введении на основании краткого анализа состояния вопроса выполнено обоснование актуальности и сформулирована цель. Первый раздел является аналитическим и содержит исходную информацию по восстанавливаемой детали, обнаруживаемым дефектам, анализу материала и особенностям базовой технологии. Во втором разделе обоснован выбор способа восстановления, предложен модернизированный источник питания плазменной дуги и составлена проектная технология восстановительной плазменной наплавки. В третьем разделе показано, что предлагаемая проектная технология может быть реализована на современном предприятии с обеспечением необходимого уровня защиты персонала от действия опасных и вредных производственных факторов. Должная степень защиты окружающей среды и нейтрализация антропогенного действия производственного участка обеспечиваются предлагаемыми мероприятиями. В четвертом разделе проведено обоснование эффективности внедрения предлагаемых решений в современное производство.

Полученные результаты предлагаются к внедрению на предприятиях Российской Федерации, ведущих деятельность в области восстановительной наплавки деталей машин.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние технологий восстановления распределительных валов грузовых автомобилей.	6
1.1 Описание детали и особенностей её эксплуатации.	6
1.2 Анализ материала вала.	9
1.3 Особенности базового технологического процесса восстановления вала.	11
1.4 Обзор источников научно-технической информации	15
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. ...	18
2 Проектная технология восстановительной наплавки.	20
2.1 Обоснование выбора способа наплавки.	20
2.2 Описание установки для плазменной наплавки.	26
2.3 Повышение эффективности плазменной наплавки.	29
2.4 Описание операций проектного технологического процесса	31
3 Безопасность труда и экологичность.	34
3.1 Постановка задачи на экологическое обоснование предлагаемых технических решений.	34
3.2 Профессиональные риски.	35
3.3 Устранение профессиональных рисков.	37
3.4 Пожарная безопасность предприятия.	38
3.5 Экологическая безопасность производственного участка.	40
4 Экономическая эффективность предлагаемых решений.	42
4.1 Вводные данные для экономического анализа.	42
4.2 Фонд времени работы оборудования.	44
4.3 Штучное время и годовая программа.	45
4.4 Расчёт заводской себестоимости.	47
4.5 Капитальные затраты.	54
4.6 Экономические показатели эффективности.	57

Заключение	61
Список используемой литературы и используемых источников.....	63
.	

Введение

В ходе интенсивной эксплуатации деталей двигателя грузового автомобиля происходит их постепенное разрушение, в результате которого становится необходимым проведение ремонта двигателя с заменой части его элементов. Повышающиеся требования к ресурсобережению, предъявляемые современному производству, заставляют повсеместно внедрять технологии восстановления деталей машин. Известно, что на проведение восстановительной наплавки расходуется порядка 10 % материалов и электрической энергии, которые могли быть потрачены на изготовление новой детали. Кроме того, приобретение новых деталей для иностранного оборудования может быть сопряжено с трудностями логистического характера. Как показала практика длительной эксплуатации деталей машин, порядка 75 % всех деталей, получивших в ходе эксплуатации недопустимые дефекты, могут быть восстановлены с применением современных способов наплавки и напыления, что существенно сокращает расходы на приобретение новых частей.

Типовой деталью, которая работает в условиях интенсивного износа, но может быть восстановлена с применением современных методов, является распределительный вал грузового автомобиля. Поскольку большинство грузовой техники, эксплуатация которой происходит в Российской Федерации, импортного производства, поставка новых распределительных валов под замены отработанных сильно затруднена. Таким образом, повышается актуальность вопроса восстановления распределительных валов.

Построение технологии реновации в условиях недостатка валюты и проблем логистического характера позволит сократить простой оборудования и сберечь ресурсы предприятия.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности восстановления распределительных валов грузовых автомобилей.

1 Современное состояние технологий восстановления распределительных валов грузовых автомобилей

1.1 Описание детали и особенностей её эксплуатации

На рисунке 1 представлен распределительный вал дизельного двигателя грузового автомобиля MAN. Деталь выполнена из стали 45 или аналогов этой стали, наиболее нагруженные части (опорные шейки, шестерни и эксцентрики) подвергают поверхностной закалке на глубину 2...5 мм с применением токов высокой частоты, что позволяет повысить их твердость до 52...62 HRC.

При эксплуатации двигателя распределительный вал подвергается значительным разнонаправленным нагрузкам, при этом точки приложения нагрузок смещены по оси вала и по углу поворота, что вызывает образование в нем изгибающих и крутящих моментов, которые оказывают дополнительное негативное действие с учетом малой жесткости самого вала. В результате работы вала в нем образуются такие дефекты, как износ опорных шеек, износ кулачков, изгиб вала, повреждение шестерни, повреждение шпоночной канавки, повреждение шейки под распределительную шестерню. Как показала многолетняя практика эксплуатации дизельных двигателей семейства Raba-MAN, потеря работоспособности распределительного вала происходит при потере всего 0,19 % от массы детали. При этом коэффициент повторяемости дефектов по кулачкам составляет 0,65, по опорным шейкам значение коэффициента повторяемости составляет 0,25, а по изгибу значение коэффициента повторяемости дефекта составляет 0,21. Опорные шейки изнашиваются на высоту до 0,25 мм, а кулачки изнашиваются на высоту до 3...5 мм [12]. Работа двигателя нарушается в результате износа опорных шеек, который вызывает люфт деталей газораспределительного механизма. Износ кулачка

сопровождается выкрашиванием части металла, вызывает потерю мощности двигателя и ускорение износа его деталей.

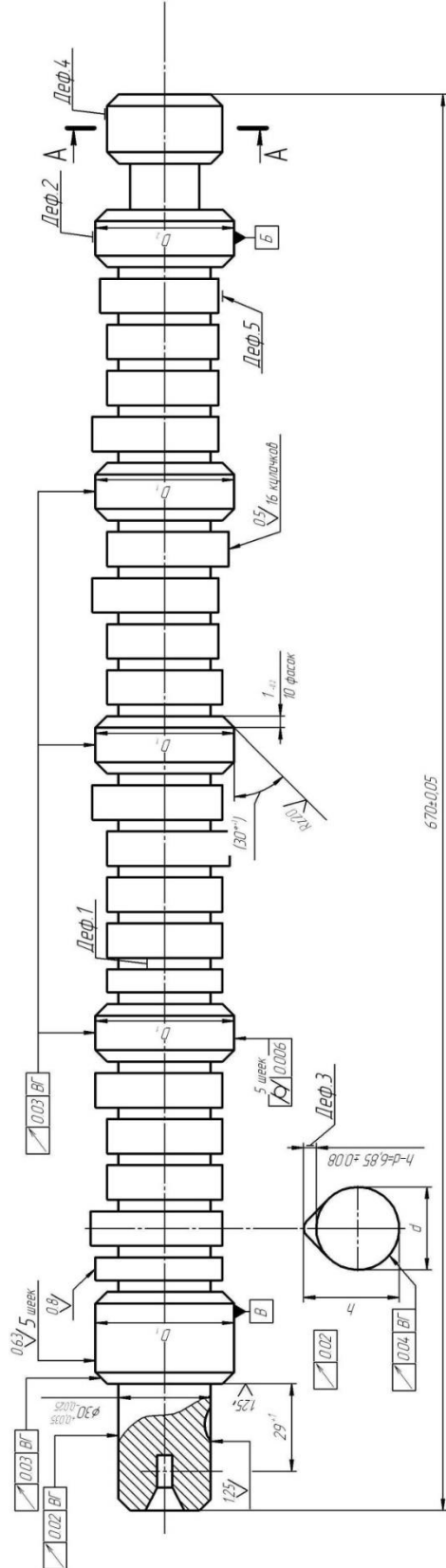


Рисунок 1 – Вал распределительный

На рисунке 2 представлены примеры дефектов на распределительном валу, значительная часть которых представлена изнашиванием и задирами рабочих поверхностей шеек и опорных кулачков, трещинами и выкрашиванием материала. Значительное повышение интенсивности изнашивания распределительного вала происходит по причине применения некачественных масел, эксплуатации двигателя в режиме перегрева, низкого качества дизельного топлива, несвоевременная замена масла и масляного фильтра [21].

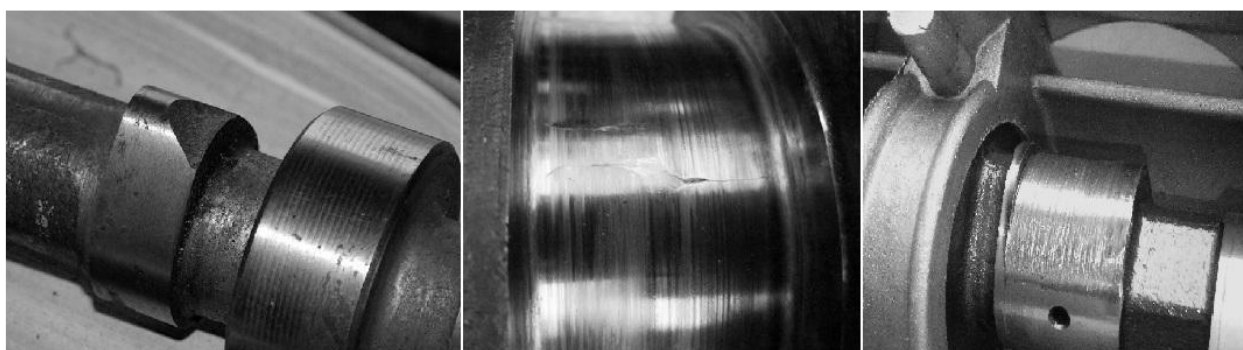


Рисунок 2 – Примеры дефектов на распределительном валу

Восстановление работоспособности распределительных валов позволяет существенно повысить экономические показатели автотранспортного предприятия [13]. При этом существенное повышение эффективности достигается при создании централизованной службы восстановления деталей машин, позволяющей выполнять сбор, сортировку и восстановление с применением прогрессивных способов. Поэтому при создании регионального центра восстановления деталей машин следует ожидать уменьшения доли традиционных методов наплавки в пользу более эффективных, требующих применения дорогостоящего оборудования, реализующих достижения российской и мировой науки в области восстановления деталей машин. Значительное развитие должна получить плазменная наплавка и электродуговая металлизация [13].

1.2 Анализ материала вала

Распределительные валы, восстановление которых рассматривается в настоящей выпускной квалификационной работе, изготавливаются из стали 45 или аналогов стали 45. Содержание химических элементов в стали 45 представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Состав стали 45

углерод	марганец	кремний	хром	никель	медь	сера	фосфор
0,42...0,5	0,5...0,8	0,17...0,37	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,04	< 0,035

«По сравнению с низкоуглеродистыми сталями в стали 45 существенно выше содержание углерода, что позволяет повысить прочностные показатели и стойкость против изнашивания» [24]. Однако высокое содержание углерода приводит к ухудшению свариваемости стали. При сварке и наплавке в конструкциях возникают холодные и горячие трещины, наблюдается значительное разупрочнение металла в зоне термического влияния [24], [26].

На рисунке 3 представлены примеры горячих трещин, возникающих по причине совокупного влияния высоких растягивающих напряжений при кристаллизации металла сварного шва и его малой деформационной способности в нагретом состоянии. Способствовать снижению образования горячих трещин может термическая обработка, выполняемая сразу после сварки и наплавки.

При сварке и наплавке стали 45 следует особо тщательно назначать и поддерживать параметры режима, так как наблюдается высокая склонность к образованию горячих трещин при перегреве и высокой скорости движения источника нагрева. Кроме того, существенное повышение опасности возникновения горячих трещин наблюдается в зоне концентраторов напряжений, в качестве которых вступают резкие переходы по толщине и диаметру детали, зона соприкосновения наплавленного слоя и основного металла. Для устранения опасности возникновения горячих трещин при

наплавке необходимо назначать и поддерживать оптимальные параметры режима, обеспечивающие минимальную погонную энергию, применять предварительный и сопутствующий подогрев. Также успешно бороться с горячими трещинами позволяет применение электродного материала со специальной системой легирования, наложение на сварочную ванну импульсов и ультразвука.

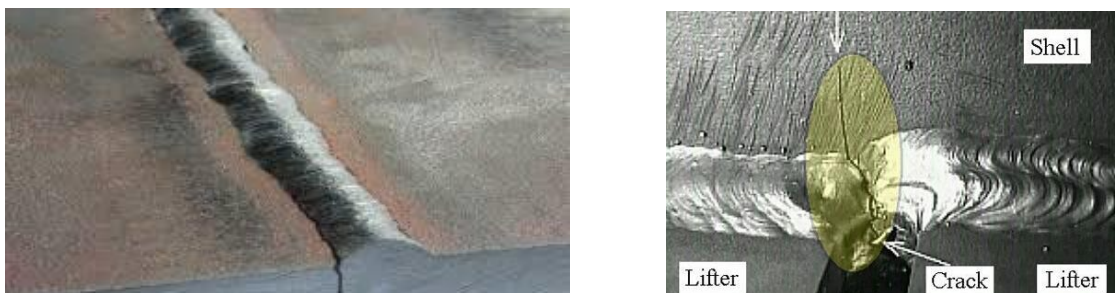


Рисунок 3 – Примеры возникающих при сварке и наплавке горячих трещин

На рисунке 4 представлены примеры холодных трещин, образование которых происходит в результате действия растягивающих напряжений при структурных изменениях в остывающем металле сварного шва и околошовной зоны. «Образование холодных трещин происходит при температуре металла ниже 200°C в отличие от горячих трещин, которые образуются при температуре металла выше 600°C . Поэтому поверхность металла в зоне холодной трещины не имеет окислений и характеризуется блестящим изломом. Холодные и горячие трещины отличаются друг от друга также по форме. Поскольку холодная трещина проходит по граница зерен, она имеет ломанную траекторию» [24] в отличие от горячей трещины, которая характеризуется плавными извилистыми очертаниями. Образование холодных трещин может происходить даже через несколько дней после выполнения сварки и наплавки, что объясняется особенностями протекания структурных превращений в зоне сварного соединения. Препятствовать возникновению холодных трещин может низкий отпуск после наплавки, в ходе которого происходит снятие остаточных напряжений и измельчение структуры металла сварного соединения.

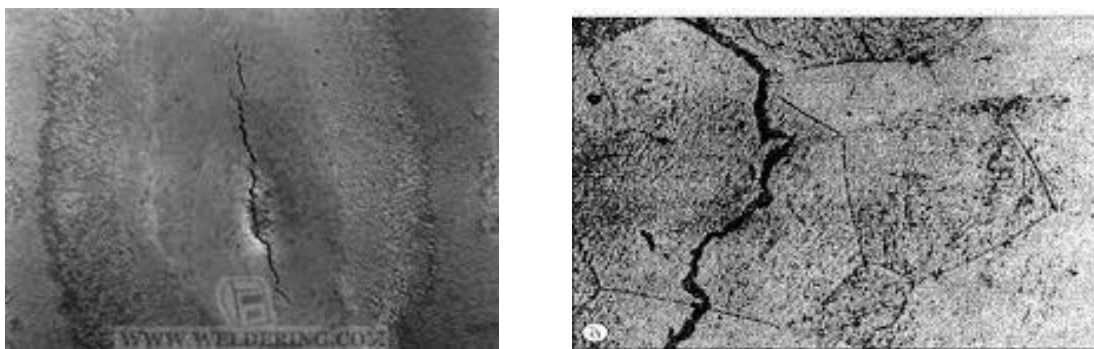


Рисунок 4 – Примеры возникающих при сварке и наплавке холодных трещин

Высокий температурный отпуск в зоне термического влияния становится причиной разупрочнения металла при сварке и наплавке стали 45. Снижение прочностных свойств металла в результате разупрочнения «негативно проявляется при эксплуатации конструкции, при этом повышается вероятность образования усталостных трещин. Значительное влияние на величину разупрочнения при сварке и наплавке» [24] оказывают параметры режима и применяемая техника. Снижение эффекта разупрочнения металла можно достичь применением рациональной термической обработки. При увеличении погонной энергии сварки и наплавки ширина зоны разупрочнения увеличивается.

1.3 Особенности базового технологического процесса восстановления вала

Базовая технология восстановительной наплавки валов предусматривает применение механизированной наплавки порошковой проволокой. С применением внутрицехового транспорта валы перевозят на участок наплавки, где их укладывают на стеллаже. Предварительно выполняют подготовку поверхности деталей под наплавку. Для этого следует очистить и промыть вал, от тщательности подготовки в значительной мере зависит качество работ по восстановлению валов. Для мойки валов

применяется представленная на рисунке 5 моечная машина TEKNOX LAVAPEN 4/60.



Рисунок 5 – Моечная машина TEKNOX LAVAPEN 4/60

Для промывки деталей применяется раствор МЛ-51 или раствор МЛ-52, имеющий щелочную среду и получаемый путем растворения в воде концентрата в количестве 10...30 миллилитров на один литр воды при температуре 75...80 °С. В состав моечных препаратов входят каустическая сода, кальцинированная сода и тринатрийфосфат. Мойка проходит в течение 30...40 минут при колебании платформы с частотой 20...25 кГц. После того, как была выполнена мойка, валы обрабатывают в проточной воде при температуре 20...30 °С, длительность промывки составляет 10...15 минут.

Для удаления масла с поверхности вала может применяться обжиг, который проходит в электрической перчи при температуре 400 °С в течение 20 минут.

После очистки поверхности вала проводят его дефектовку, которая предусматривает внешний осмотр и обмер вала. Пример обнаруживаемого дефекта на рабочей поверхности вала по сравнению с состоянием новой детали представлен на рисунке 6.

Далее выполняется восстановительная наплавка рабочих поверхностей вала, которую ведут с применением порошковой проволоки ПП-Нп-30Х5Г2СМ, позволяющей получать наплавленный слой с высокими эксплуатационными свойствами, превышающими свойства исходных валов. При наплавке вал закрепляют в патроне токарного станка, что позволяет позиционировать вал относительно сварочной горелки. Наплавку ведут представленным на рисунке 7-а выпрямителем ВС-500, подачу проволоки осуществляют с применением представленного на рисунке 7-б механизма подачи ПДПГ-500.



Рисунок 6 – Пример дефекта на рабочей поверхности вала



Рисунок 7 – Сварочный выпрямитель ВС-500 (а) и механизм подачи проволоки ПДПГ-500

«Наплавку ведут на постоянном токе прямой полярности. Сила тока составляет 140...170 А, напряжение на дуге составляет 22...24 В, скорость наплавки составляет 10...12 метров в час, скорость подачи проволоки составляет 1,5...1,8 метра в минуту» [24]. Пример наплавленной поверхности вала представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Наплавленная рабочая поверхность вала

После наплавки и остывания вала выполняют механическую обработку его поверхностей. Шлифование шеек проводят линейной скоростью 0,2...0,3 метра в секунду, скорость вращения шлифовального круга составляет 25...30

метров в секунду при глубине шлифования 0,005 мм и продольной подаче 3...8 мм за оборот. Расход охлаждающей жидкости составляет 0,3 литра в минуту. Шлифование ведут кругами из электрокорунда с классом зернистости 16...25.

Недостатком базовой технологии является применение механизированной наплавки порошковой проволокой. Этот способ, намного превосходя ручную дуговую наплавку по многим показателям, имеет ряд критических недостатков, требующих поиска более подходящего способа для построения производства с массовым восстановлением деталей машин. В числе недостатков следует отметить значительное тепловое воздействие на основной металл, приводящее к деформации вала при наплавке и уменьшению его длины, что ограничивает количество восстановительных наплавов на одном валу. Также следует отметить низкие эксплуатационные качества восстановленного вала.

1.4 Обзор источников научно-технической информации

Для того, чтобы добиться повышения эффективности восстановительной технологии следует применять научно-обоснованные методы, требующие проведения изыскательских работ в двух направлениях. Первое направление предусматривает расширение технологических возможностей традиционных способов сварки и наплавки. Второе направление предусматривает поиск и расширение области применения перспективных новых и способов. Для достижения поставленной цели предстоит решать задачи, правильная постановка которых определяет эффективность полученных решений и их применимость на практике. При этом необходимо ознакомиться с мировым опытом в области повышения эффективности сварочных процессов. Необходимо выполнить поиск и анализ источников научно-технической информации. Эффективный поиск может быть проведен при использовании таких информационных систем, как

«Диссеркет» (содержит значительное количество кандидатских и докторских диссертаций, защищенных по техническим наукам в Российской Федерации), «Киберленинка» (содержит значительное количество публикаций по техническим направлениям, позволяет вести поиск по типу публикации и рейтингу журнала), «ПатноПаблиш» (содержит значительное количество публикаций в области сварки, результаты исследований в Украине), «Е-Лайбрери» (российская база знаний, позволяет вести поиск по автору и названию журнала).

Первым источником научно-технической информации, которая найдена в сети Интернет по вопросы повышения эффективности проведения наплавочных работ, стала работа [17], в которой описаны перспективы применения двухэлектродной наплавки под флюсом. Эту работу применим для обоснования выбора способа восстановительной наплавки.

Во второй работе [15] «рассматриваются методики, позволяющие повысить эффективность наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Существенное снижение разбрызгивания достигается при правильном выборе параметров импульсной подачи сварочной проволоки. Так, при частоте подачи в диапазоне 20...50 Гц и скважности 3...5 единицы потери на разбрызгивание и угар существенно снижаются по сравнению с применением сварки на стационарной подаче проволоки. Сварка на частоте подачи проволоки 30...40 Гц и скважности 5 единиц характеризуется минимальными потерями на разбрызгивание и угар, составляющими 50 % от потерь электродного металла при сварке с постоянной подачей проволоки. Данная работа показывает эффективность применения наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения и будет использована для обоснования выбора способа восстановительной наплавки» [15].

В третьей работе [22] «представлен промышленный опыт применения технологии сварки и наплавки порошковой проволокой на различных предприятиях. Показана высокая эффективность применения механизированной сварки порошковой проволокой. Для промышленности

предложена проволока оригинального состава диаметром 1,6 мм, получившая название ПП-АН198, которая позволяет выполнять сварку с высоким качеством наплавленного металла. Применение этой проволоки отличается отсутствием дефектов в наплавленном металле и уменьшенным уровнем остаточных напряжений. Данная работа показывает эффективность применения наплавки порошковой проволокой и будет использована при обосновании выбора способа наплавки при построении проектной технологии» [22].

В четвертой работе «Представлена структурно-функциональная схема формирования эксплуатационных характеристик деталей при лазерной обработке непрерывным излучением. Выходными параметрами таких технологических процессов являются глубина обработки, форма зоны обработки, свойства обработанного материала, а также шероховатость поверхности. Отличительными особенностями предлагаемого подхода от традиционного являются то, что форма лазерного пятна и распределение плотности мощности излучения рассматриваются в качестве основных параметров режима обработки, выбор параметров лазерного источника и разработка технологических оптических систем проводится в соответствии с результатами решения обратной задачи теплопроводности» [18]. Результаты этой работы будут использованы при анализе возможных способов наплавки.

В пятой работе [23] «доказана эффективность восстановительной плазменной наплавки, при которой применялся присадочный порошок ПГ-10Р6М5. Данная работа показывает эффективность применения плазменной наплавки с применением присадочного порошка и будет использована при обосновании выбора способа наплавки при построении проектной технологии» [23].

Таким образом, для построения проектной технологии восстановительной наплавки могут быть рассмотрены такие способы восстановления деталей, как «ручная дуговая наплавка покрытыми электродами, механизированная и автоматическая наплавка в защитных газах

проволокой сплошного сечения с импульсным управлением, механизированная и автоматическая наплавка порошковой проволокой, лазерная наплавка, плазменная наплавка, наплавка под флюсом» [24].

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности восстановительной наплавки при ремонте распределительных валов грузовых автомобилей. Введение позволило обосновать актуальность проведения работ и сформулировать цель выпускной квалификационной работы. Выполнен анализ материала, из которого изготавливается рассматриваемый вал – сталь 45, показаны её особенности при выполнении восстановительной наплавки. Базовая технология наплавки рабочих поверхностей вала построена на основе механизированной наплавки порошковой проволокой. Сформулированы недостатки базовой технологии.

Первым недостатком является значительное тепловое воздействие на основной металл, приводящее к деформации вала при наплавке и уменьшению его длины, что ограничивает количество восстановительных наплавок на одном валу. Вторым недостатком является низкие эксплуатационные качества восстановленного вала. Проведен предварительный отбор способов для построения проектной технологии восстановительной наплавки. Для построения проектной технологии восстановительной наплавки могут быть рассмотрены такие способы восстановления деталей, как ручная дуговая наплавка покрытыми электродами, механизированная и автоматическая наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением, механизированная и автоматическая наплавка порошковой проволокой, лазерная наплавка, плазменная наплавка, наплавка под флюсом.

Анализ исходных данных и известных решений позволяет сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых обеспечит достижение поставленной цели. «Первой задачей является обоснование выбора способа восстановительной наплавки для построения проектной технологии. На основании экспертной оценки альтернативных способов следует выбрать способ, применение которого при реализации проектной технологии позволит получить максимальную эффективность. Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа наплавки с использованием достижений российских исследователей» [5], [9], [14]. «Третьей задачей является построение проектной технологии, которая предусматривает составление списка операций, формулирование условий и требований к их выполнению, выбор технологического оборудования и назначение параметров режима. Также следует выполнить оценочные разделы выпускной квалификационной работы, в которых будет представлено экологическое» [3], [6] и экономическое [10], [11] обоснование предлагаемых решений. В заключении предстоит показать достижение поставленной цели и сформулировать направления дальнейших исследований.

2 Проектная технология восстановительной наплавки

2.1 Обоснование выбора способа наплавки

В настоящее время промышленно внедрено множество способов восстановительной наплавки, которые могут быть применены к рассматриваемой детали.

Одним из эффективных способов восстановления является нанесение гальванических покрытий, которое позволяет возвращать детали исходный размер при износе поверхности до 0,5 мм (в таком случае применяется никелирование) и при износе поверхности более 0,5 мм (в таком случае применяется хромирование) [25]. Существенное повышение производительности может быть получено при восстановлении деталей машин с применением наплавки под флюсом. При этом характерное для такого способа наплавки разупрочнение основного металла в зоне термического влияния компенсируется при помощи поверхностного пластического деформирования, позволяющего повысить твердость до 62 HRC, как это описано в работе [25]. Одним из перспективных способов восстановления рабочих поверхностей деталей машин следует признать плазменную наплавку и плазменное напыление, позволяющие получать рабочие поверхности с высокими эксплуатационными показателями [2], [16]. Помимо плазменных технологий в настоящий момент интенсивно разрабатываются способы восстановления деталей машин с применением лазерных технологий [7].

На основании методологических исследований в области повышения эффективности технологий реновации [1], [8] для обоснования выбора способа восстановления при построении проектной технологии предлагается использовать ряд технологико-экономических критериев. Первым таким критерием является возможность применения рассматриваемого способа для восстановления конкретной детали и устранения на ней обнаруженных

дефектов. Этот критерий является технологическим и обуславливает возможности предприятия по реализации того или иного способа, который может быть выбран для проектной технологии. Вторым критерием является возможность получения требуемых эксплуатационных свойств детали после восстановления. Этот критерий является техническим и регламентирует результат восстановления при использовании того или иного способа. Третьим критерием является затратность внедрения способа при реализации проектной технологии. Этот критерий является экономическим и позволяет оценить капитальные затраты предприятия.

Оценка по техническому критерию предусматривает анализ свойств материала детали, обнаруживаемых дефектов и причин их появления. По результатам оценки составляется список всех возможных способов восстановления рассматриваемой детали.

Оценка по техническому критерию предусматривает использование таких эксплуатационных характеристик, как износостойкость, усталостная прочность, микротвердость, долговечность и сцепляемость с основным металлом. В таблице 2 представлена оценка рассматриваемых способов.

Таблица 2 – Оценка рассматриваемых способов восстановления по техническому критерию [19]

Способ	Коэффициент износостойкости	Коэффициент выносливости	Коэффициент сцепляемости
«Наплавка в углекислом газе»	0,85	0,9...1,0	1,0
Выбродуговая наплавка	0,85	0,62	1,0
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
Плазменная наплавка» [19]	1,0...1,3	0,9...1,2	1,0

На рисунке 9 представлена схема наплавки в углекислом газе, применение которой позволяет с высокой производительностью наплавлять

рабочие поверхности с удовлетворительными эксплуатационными свойствами. Применение современных алгоритмов управления сварочной дугой и переносом электродного металла позволили в последнее время существенно увеличить долю наплавки в защитных газах среди технологических процессов. Недостатком способа является повышенное разбрызгивание и вероятность получения в наплавленном слое несплавлений и трещин по причине низкой текучести металла. Также следует принимать во внимание значительный уровень остаточных растягивающих напряжений в наплавленном слое. Кроме того, при наплавке используется проволока сплошного сечения, изменение состава которой требует значительных изменений в процессе производства проволоки, таким образом, существенно уменьшаются возможности для легирования наплавленного металла и получения рабочих поверхностей с уникальными свойствами. По сравнению с плазменной наплавкой качество рабочей поверхности при применении наплавки в защитных газах ниже. Кроме того, наплавка в защитных газах характеризуется высоким тепловым воздействием на основной металл, что может стать причиной деформации вала.

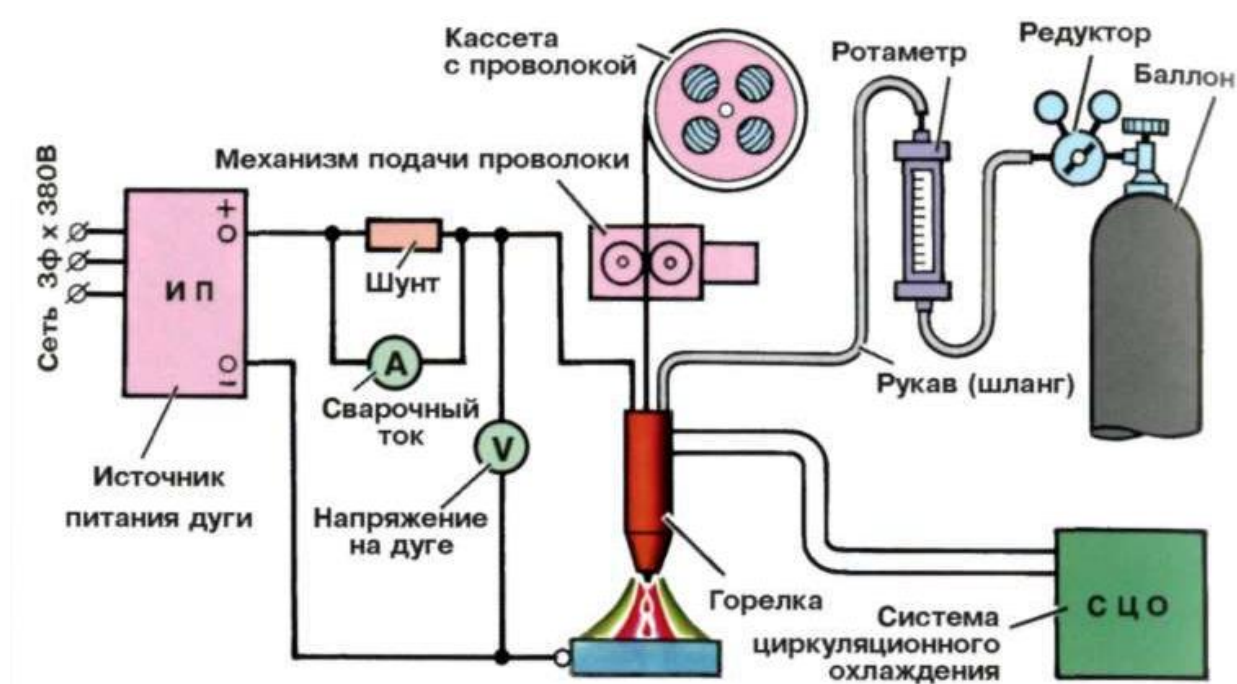


Рисунок 9 – Схема наплавки в защитных газах

На рисунке 10 представлена схема вибродуговой наплавки, которая позволяет существенно уменьшить опасность коробления детали. Электродная проволока 4 диаметром 1,5...2 мм вибрирует относительно наплавляемой детали 1 с частотой 30...100 Гц и амплитудой 0,5...1,0 мм. Подача присадочной проволоки обеспечивается роликовым механизмом 5. Вибрирование проволоки обеспечивается электромагнитным механизмом 6 и возвратной пружиной 7. При этом материал электрода переходит на поверхность детали, которая интенсивно охлаждается посредством сопла 2 для охлаждения детали и сопла 3 для подачи охлаждающего воздуха в зону наплавки. Такое интенсивное охлаждение исключает деформацию детали при наплавке и позволяет получить наплавленный слой высокой твердости. Недостатком вибродуговой наплавки является высокая пористость и неравномерность свойств по площади наплавленного слоя. В наплавленном слое возникают значительные растягивающие напряжения, результатом которых является снижение усталостной прочности детали.

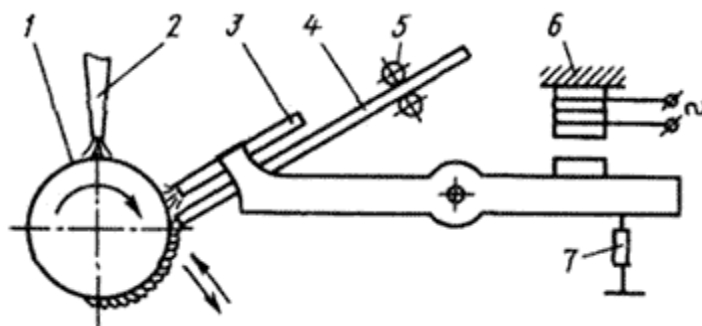


Рисунок 10 – Схема вибродуговой наплавки

Хорошо зарекомендовавшими способами восстановления деталей машин являются газопламенное и газоплазменное напыление, схемы которых представлены на рисунке 11 и рисунке 12. Газопламенное напыление является легко реализуемым и универсальным процессом, но получаемое при этом покрытие характеризуется малой сцепляемостью с поверхностью детали, что особенно сильно проявляется при ударных нагрузках, характерных для работы распределительного вала.

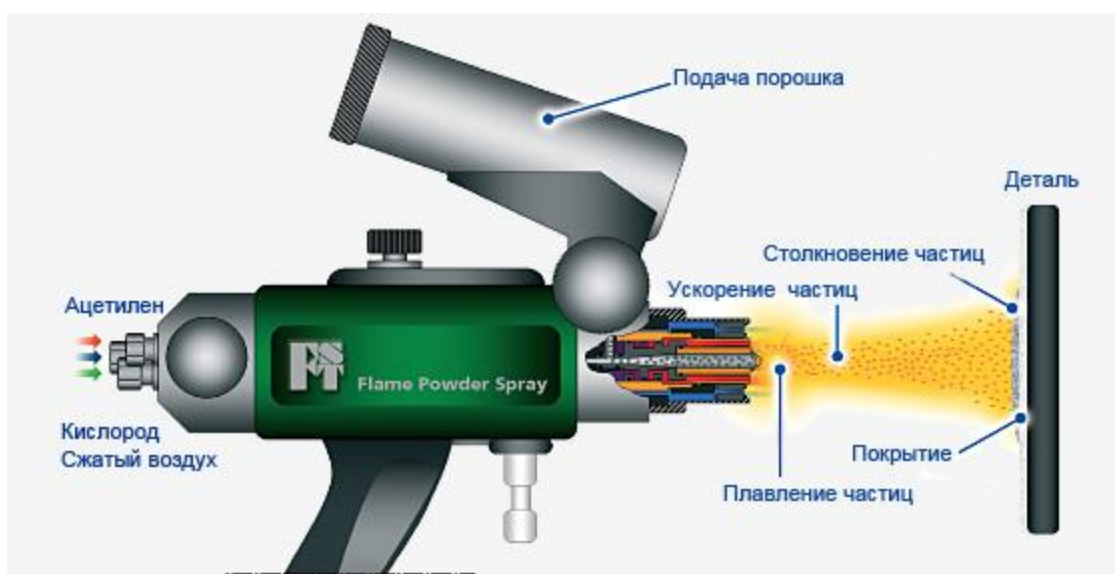


Рисунок 11 – Схема газопламенного напыления

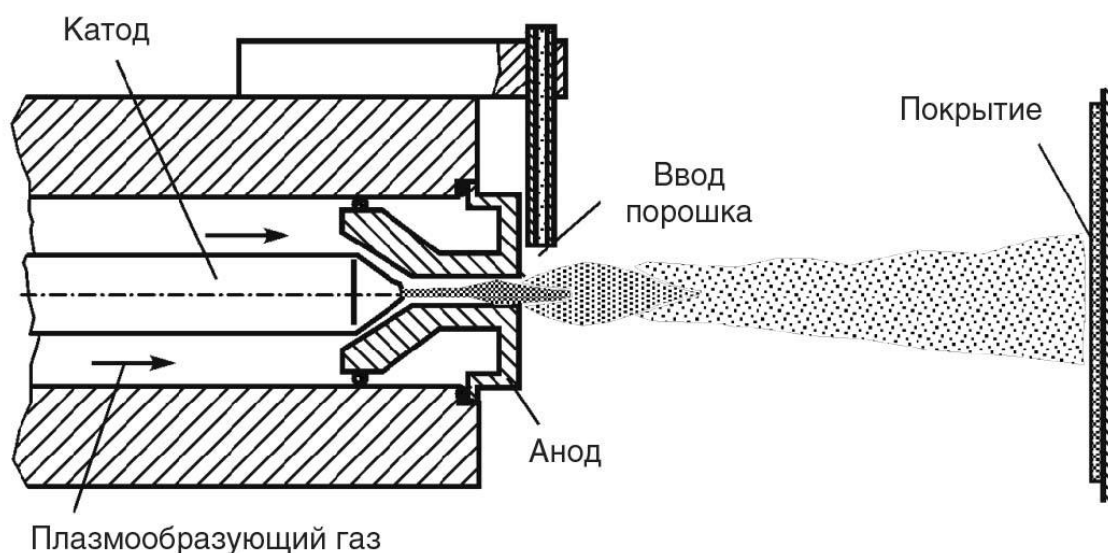


Рисунок 12 – Схема плазменного напыления

Плазменное напыление характеризуется большей концентрацией тепла, что позволяет наносить покрытия из тугоплавких материалов, получая восстановленные слои с уникальными характеристиками. Плазменное нанесение покрытия позволяет обеспечить малое тепловое воздействие на основной металл детали, что исключает её деформацию при наплавке. Однако наносимый слой имеет слабое сцепление с поверхностью детали, что повышает опасность образования сколов и выхода вала из строя в ходе эксплуатации.

На рисунке 13 представлена схема плазменной наплавки. Из рассматриваемых способов плазменная наплавка характеризуется самыми высокими эксплуатационными показателями. Также следует отметить, что применение плазменной наплавки позволяет существенно расширить возможности по легированию наплавленного слоя без повышения стоимости наплавочных материалов. Однако высокая стоимость и сложность оборудования ограничивает применение плазменной наплавки в промышленности при восстановлении деталей машин. Также следует отметить высокие требования к правильности выбора и точности поддержания режимов наплавки, в противном случае в наплавленном слое образуется значительное количество дефектов и высокий уровень остаточных напряжений.

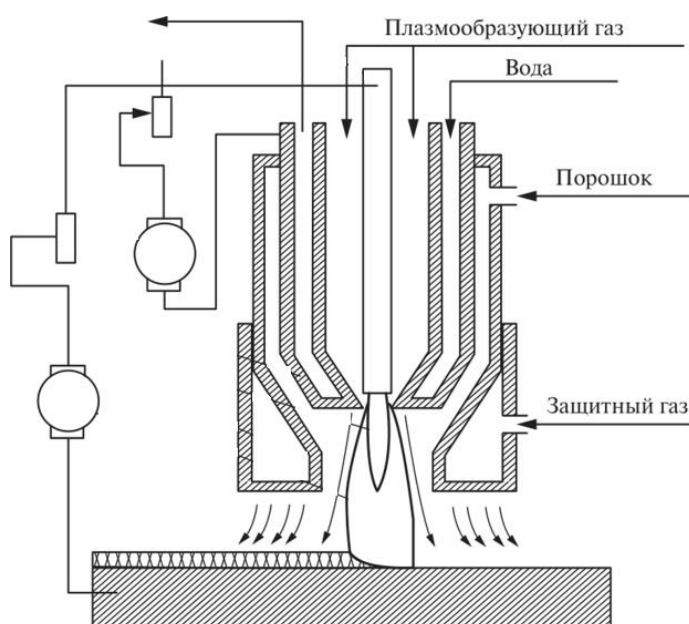


Рисунок 13 – Схема плазменной наплавки

На основании этих критериев для построения проектной технологии предлагается применить плазменную наплавку с присадочным порошком, эффективность которой предлагается повысить с применением отечественных и мировых разработок в области расширения технологических возможностей плазменных процессов.

2.2 Описание установки для плазменной наплавки

Установка для восстановительной наплавки собирается на базе токарного станка и представлена на рисунке 14. Проведение плазменной наплавки потребовало глубокой модернизации токарного станка. Описание установки для плазменной наплавки представлено в работе [25]. В качестве базового станка предложено использовать представленный на рисунке 15 токарно-винторезный станок 16K20.

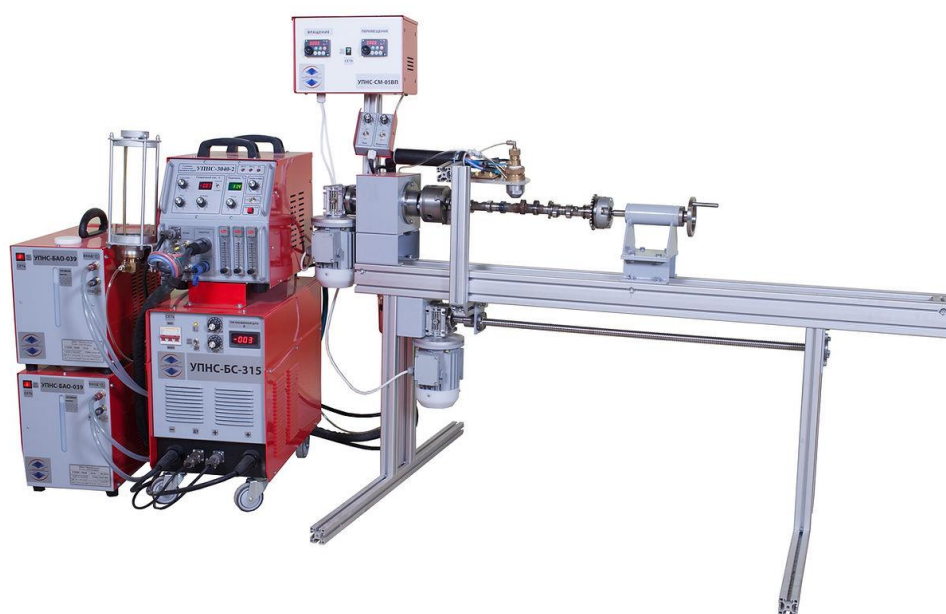


Рисунок 14 – Комплектация установки для плазменной наплавки валов



Рисунок 15 – Токарно-винторезный станок 16K20

При модернизации станка на него был установлен порошковый питатель, плазматрон ПМН-2 с механизмом поперечных колебаний, представленный на рисунке 16. Также была изменена конструкция привода суппорта, который был дополнительно снабжен блоком управления. Для повторения профиля кулачка в процессе восстановительной наплавки установка снабжена копирующим устройством. Функциональная схема установки представлена на рисунке 17.

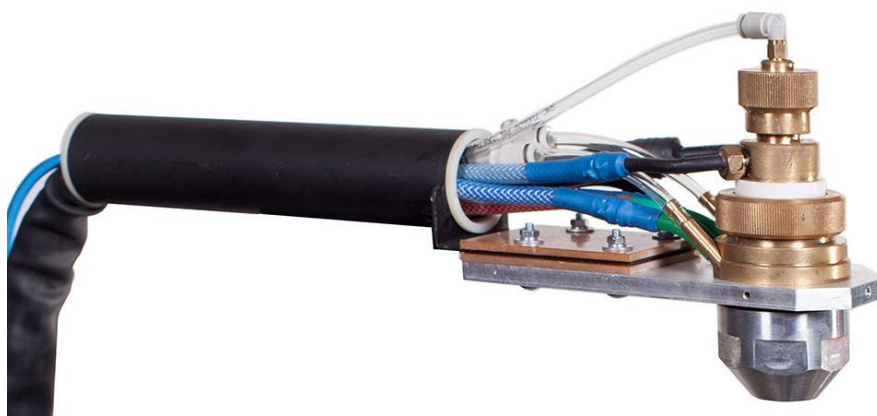


Рисунок 16 – Плазматрон для автоматической плазменной наплавки ПМН-2

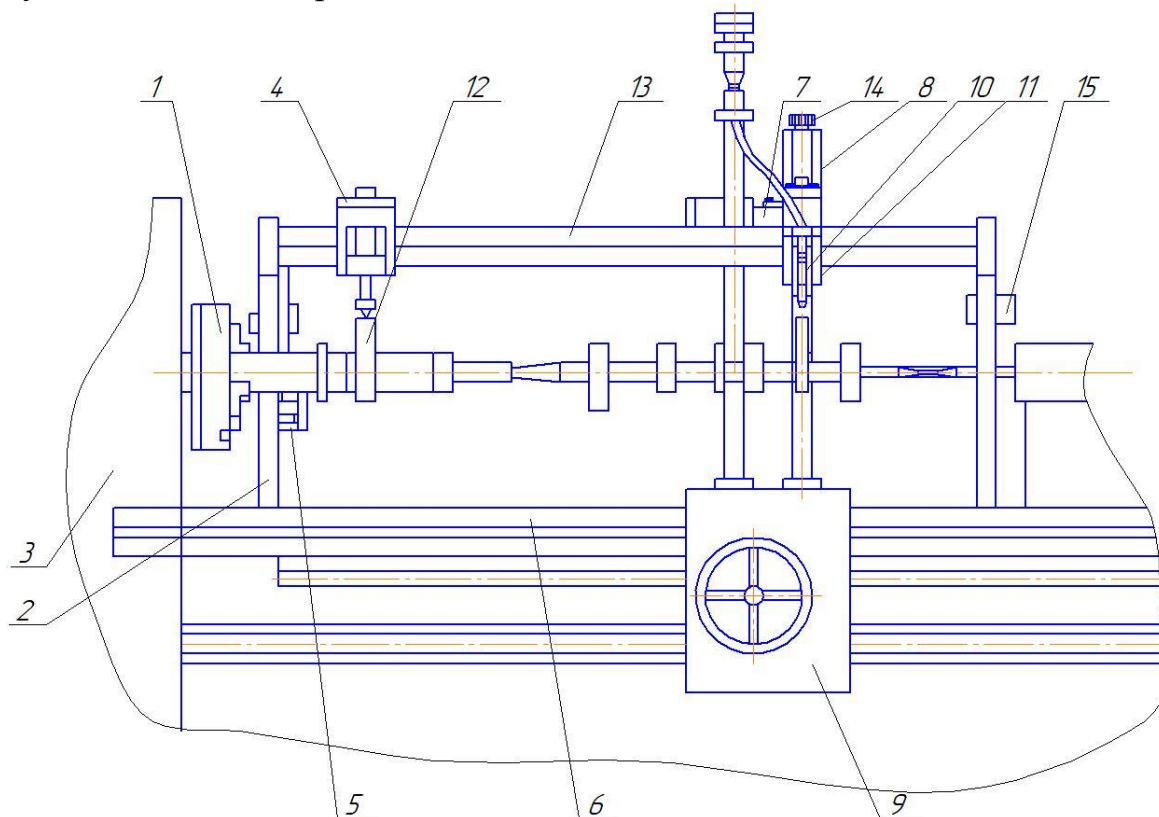


Рисунок 17 – Функциональная схема установки для плазменной наплавки

«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 виде пирамиды, клина или конуса. Контакт опорного элемента с копируемой поверхностью может проходить по точке или линии. 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. 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 4 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» [4].

Конструкция установки позволяет изменять частоту оборотов привода вращения детали в диапазоне 0...12 оборотов в минуту с плавным регулированием. Диаметр тел вращения, устанавливаемых для восстановительной наплавки, составляет 10...100 мм при длине детали до 1400 мм. Высота наплавленных кулачков распределительного вала составляет до 10 мм. Порошковый питатель обеспечивает подачу порошка для плазменной наплавки с расходом 8...30 грамм в минуту. Механизм колебаний плазматрона обеспечивает частоту колебаний 40..80 колебаний в минуту при амплитуде колебаний до 25 мм.

2.3 Повышение эффективности плазменной наплавки

Для повышения эффективности плазменной наплавки предлагается применить модернизированную схему питания, описанный в описании к изобретению [20], предложенному российскими исследователями. Функциональная схема питания представлена на рисунке 18. Схема включает в себя «плазматрон 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» [20]. Такая схема позволяет поддерживать горение нескольких типов дуг в зависимости от работы системы управления. Дуга прямого действия горит между катодом К плазматрона 1 и деталью 2. Дуга косвенного действия горит между катодом К и анодом А плазматрона 1. Вторая дуга прямого действия горит между анодом А плазматрона 1 и деталью 2.

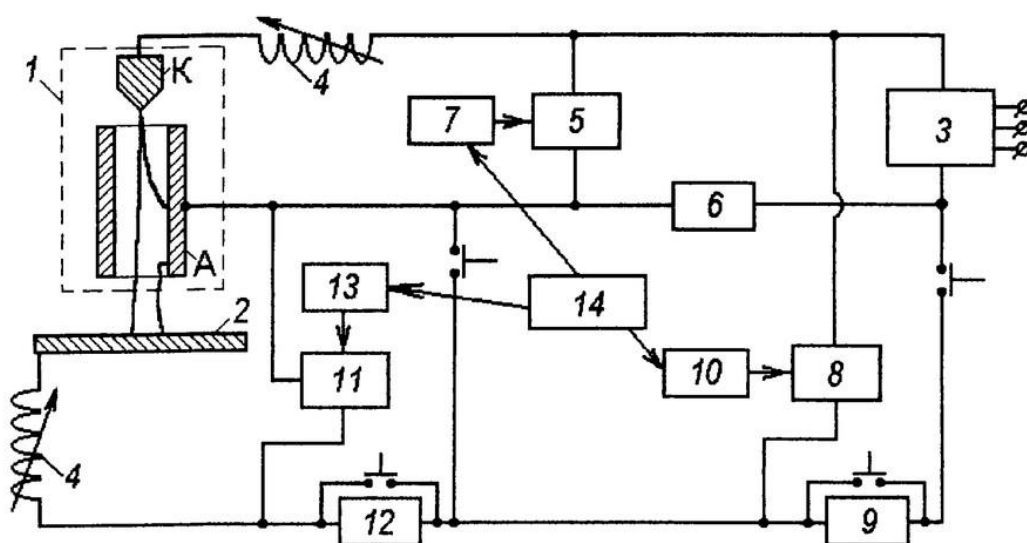


Рисунок 18 – Функциональная схема питания плазменной установки согласно описанию к изобретению

Первая дуга (дуга прямого действия между катодом плазматрона и деталью) горит при токе 15...20 А, напряжении 130...160 В. Амплитуда импульсов дуги по мощности составляет 50...100 кВт. Эта дуга служит для подплавления поверхности детали. «Вторая дуга (косвенного действия между катодом и анодом) имеет ток 140...170 А при напряжении 180...220 В. Эта дуга служит для расплавления подаваемого в плазменную струю присадочного порошка и его переноса на поверхность детали, Третья дуги (прямого действия между анодом и деталью) горит при токе 8...15 А и напряжении 110...150 В. Эта дуга позволяет оплавить поверхность наплавленного слоя» [20].

На рисунке 19 представлен внешний вид установки для плазменной наплавки согласно предлагаемого способа.

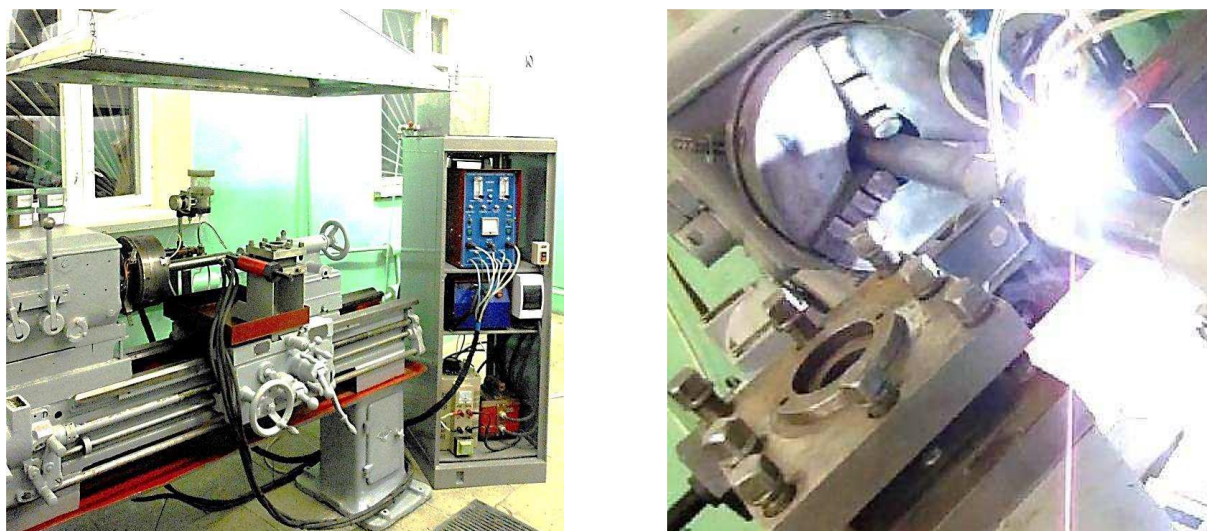


Рисунок 19 – Комплектация модернизированной установки для плазменной наплавки

Наплавку предлагается вести порошками ПГ-ХН80СР4, ПН85Ю15 и ПН55Т45, фракцией 40...60 мкм. Представленная установка может быть использована для восстановления типовых деталей типа валов в условиях массового производства, предъявляющего высокие требования по стабильности качества и поддержания процессов.

2.4 Описание операций проектного технологического процесса

С применением внутрицехового транспорта валы перевозят на участок наплавки, где их укладывают на стеллаже. Предварительно выполняют подготовку поверхности деталей под наплавку. Для этого следует очистить и промыть вал, от тщательности подготовки в значительной мере зависит качество работ по восстановлению валов. Для мойки валов применяется представленная на рисунке 20 моечная машина Magido L331.



Рисунок 20 - Моечная машина Magido L331

Промывку проводят в щелочном растворе, полученном путем растворения в воде концентрата в количестве 10...30 миллилитров на один литр воды при температуре 75...80 °С. В состав моечных препаратов входят каустическая сода, кальцинированная сода и тринатрийфосфат. Мойка проходит в течение 30...40 минут при колебании платформы с частотой 20...25 кГц. Мойку проводят при температуре раствора 80...90 °С. После того, как была выполнена мойка, валы обрабатывают в проточной воде при температуре 20...30 °С, длительность промывки составляет 10...15 минут.

После очистки поверхности вала проводят его дефектовку, которая предусматривает внешний осмотр и обмер вала.

Далее выполняют подготовку поверхностей вала, проводя их дробеструйную обработку в камере ГАКС-ДК-М, представленной на рисунке 21. Дробь на выходе из установки приобретает скорость 100...120 м/с, работа установки проходит при скорости расходования дроби порядка 200...230 килограммов в минуту. При очистке применяется дробь твердостью 43 HRC и диаметром 1,2 мм.



Рисунок 21 – Камера для проведения дробеструйной обработки

Далее выполняют восстановительную наплавку с применением описанной ранее схемы, предложенной российскими исследователями. Ток основной дуги при наплавке кулачка принимают равным 150 А, напряжение при наплавке кулачка принимаем 180 В. Ток основной дуги при наплавке шейки вала принимаем равным 170 А, напряжение при наплавке шейки вала составляет 220 В.. Защитный газ поступает с расходом 16...20 литров в минуту, плазмообразующий газ поступает с расходом 1,5...2,5 литра в минуту. Охлаждающая вода поступает с расходом 5 литров в минуту. Наплавку ведут порошком Пг-СРЧ с добавлением 3 % алюминия. Такой состав обеспечивает получение наплавленного слоя с высокой стойкостью по отношению к абразивному и ударному износу.

После наплавки проводят правку вала с использованием гидравлического прессы. Далее выполняют механическую обработку его поверхностей. Шлифование шеек проводят линейной скоростью 0,2...0,3

метра в секунду, скорость вращения шлифовального круга составляет 25...35 метров в секунду при глубине шлифования 0,005 мм и продольной подаче 3...8 мм за оборот. Расход охлаждающей жидкости составляет 0,3 литра в минуту. Шлифование ведут кругами из электрокорунда с классом зернистости 16...25. Для шлифования предлагается использовать копировально-шлифовальный станок, представленный на рисунке 22.



Рисунок 22 – Шлифовальный станок для перешлифовки распределительных валов

Выводы по второму разделу

В предыдущем разделе ВКР выполнена постановка задач, в настоящем разделе ВКР описано их решение с использованием современных достижений отечественной и мировой науки в области расширения технологических возможностей наплавки. На основании экспертной оценки выполнено обоснование выбора способа восстановительной наплавки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается плазменную наплавку. Для повышения эффективности наплавки предлагается применить разработанный российскими исследователями способ комбинированного питания сжатой дуги, позволяющий обеспечивать горение двух вспомогательных и одной основной дуги, чередующееся действие которых обеспечивает получение наплавленного слоя высокого качества. Составлена проектная технология восстановительной наплавки, назначены параметры режима, выбрано технологическое оборудование и сформулированы требования к выполняемым операциям.

3 Безопасность труда и экологичность

3.1 Постановка задачи на экологическое обоснование предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложены технические решения по повышению эффективности восстановительной наплавки распределительных валов грузовых автомобилей.

В аналитическом разделе выпускной квалификационной работы приведены особенности выполнения операция базового технологического процесса, сформулированы задачи. Второй раздел выпускной квалификационной работы содержит описание проектной технологии с применением предлагаемых технических решений. Выбрано технологическое оборудование, назначены параметры режима и требования к выполнению каждой операции. В исполнительском разделе представлены решения, обладающие технологической эффективностью, однако для обоснования их внедрения следует выполнить оценочные разделы. Данный раздел является оценочным и предусматривает выделение негативных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектного технологического процесса, которые могут оказать отрицательное влияние на персонал предприятия и окружающую среду. Кроме того, предлагается рассмотреть вопросы обеспечения пожарной безопасности производства, это объясняется тем, что процессы сварки и наплавки с точки зрения возникновения пожара характеризуются повышенной опасностью. В таблице 3 представлены особенности укрупненного проектного технологического процесса, которые позволяют выявить производственные объекты и участников, которые могут подвергнуться действию негативных производственных факторов. Данные для заполнения таблицы выбираются исходя из составленного в предыдущем разделе проектного технологического процесса.

Таблица 3 – Особенности реализации проектного технологического процесса

Операция	Персонал	Оборудование	Материалы
«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» [13]

Данные таблицы 3 позволяют идентифицировать возникающие в процессе реализации проектной технологии негативные производственные факторы.

3.2 Профессиональные риски

При выполнении на рассматриваемом производственном участке технологических операций неминуемо возникают негативные производственные факторы. В результате действия на персонал опасного фактора наблюдается повышение вероятности получить травму. В результате действия на персонал вредного производственного фактора наблюдается ухудшение самочувствия и возникновение профессиональных заболеваний. Следует принимать во внимание, что общее действие нескольких негативных факторов не равно их сумме, так как действующие одновременно факторы усиливают друг друга, что представляет дополнительную угрозу для персонала предприятия. В таблице 4 представлена информация о возникающих в ходе реализации проектной технологии опасных и вредных производственных факторах.

Таблица 4– Негативные производственные факторы проектной технологии

Операция	Негативный фактор
подготовка детали под наплавку	«наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур» [6]
подготовка поверхности под наплавку	«наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур» [6]
плазменная наплавка	«наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование» [6]
контроль качества	«повышенный уровень ультразвуковых волн» [6]

Источниками негативных производственных факторов выступает оборудование для наплавки, вспомогательное оборудование и непосредственно сжатая дуга.

Дальнейшие работы предусматривают поиск и оценку эффективности технических решений и организационных мероприятий, направленных на нейтрализацию негативных производственных факторов. Поиск средств защиты следует вести в области известных решений и арсенала современного предприятия. В случае, если стандартными методами безопасность труда обеспечиваться не будет, возникнет необходимость в разработке специальных решений для защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов на основании анализа научной литературы в данной области.

3.3 Устранение профессиональных рисков

Выявленный перечень негативных факторов должен быть нейтрализован с применением средств и методик. К применяемым техническим средствам и мероприятиям предъявляются требования по эффективности (отрицательное действие каждого фактора должно быть уменьшено до приемлемого уровня) и экономичности (предпочтение следует отдавать стандартным средствам из арсенала современного предприятия, проведение мероприятий предпочтительнее, чем вложение средств в технические средства). Стандартные меры, реализация которых на современном предприятии позволяет обеспечить требуемый уровень промышленной безопасности, представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Средства и мероприятия по обеспечению безопасности труда

«Негативный фактор	Техническое решение	Средства защиты
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	инструктаж по технике безопасности; ролевые игры; предупреждающие плакаты и таблички	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	предупреждающие плакаты и таблички; защитное отключение приводов оборудования; ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	общеобменная вентиляция; устройства удаления загрязненного воздуха	Индивидуальные средства защиты органов дыхания
повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	проверка изоляции и заземления; проведение инструктажа по технике безопасности; ролевые игры с работниками предприятия	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	проведение инструктажа по технике безопасности; предупреждающие плакаты и таблички	Оснащение работника специальной одеждой, перчатками
инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	защитные экраны; проведение инструктажа по технике безопасности; ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными масками, перчатками
ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	защитные экраны; проведение инструктажа по технике безопасности; ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными масками, перчатками» [5]

Представленные в таблице 5 меры направлены на обеспечение требуемого уровня промышленной безопасности, делают возможным снижение травматизма и профессиональных заболеваний. Среди составленного перечня мероприятий особое внимание следует уделить трудовой дисциплине и соблюдению порядка на рабочем месте. Многолетняя производственная практика позволила заключить, что именно небрежное отношение к соблюдению чистоты и порядка на рабочем месте становится главной причиной травматизма, возникновения внештатных ситуаций и снижения качества выпускаемой продукции. Представленный перечень опасных и вредных производственных факторов является стандартным набором, сопровождающим реализацию технологических процессов на современном предприятии, нейтрализация которого не должна встретить значительных затруднений. Разработка специальных технических средств и методик для обеспечения безопасности труда не требуется.

3.4 Пожарная безопасность предприятия

Процессы сварки и наплавки характеризуются повышенной опасностью возникновения пожаров на производственном участке. Источником опасности в данном случае становится сжатая дуга и устройства для термической обработки деталей. Также следует принимать во внимание, что для питания технологического оборудования требуется подвод электрической энергии значительной мощности, нарушение в работе силовой аппаратуры предприятия также становится причиной возникновения пожаров. В таблице 6 представлена информация по идентификации пожара, возникновение которого возможно на рассматриваемом производственном участке при неблагоприятном стечении обстоятельств. Как видно из представленных данных, пожар следует отнести к классу «Е», поскольку при его возникновении на всем этапе протекания и тушения сохраняется высокая опасность поражения электрическим током. В случае пожара люди могут

подвергнуться потоку раскаленного воздуха, испытать снижение концентрации кислорода, подвергнуться инфракрасному излучению, действию открытого пламени, отравляющему действию продуктов горения. Также при пожаре ухудшается видимость и возможно обрушение конструкций, что препятствует эвакуации персонала и тушению пожара. В ходе пожара может происходить нарушение электрической изоляции, что может стать причиной травм. В таблице 7 представлен предлагаемый набор средств, направленных на обеспечение пожарной безопасности.

Таблица 6 – Идентификация опасных факторов при пожаре

Участок	Участок восстановительной наплавки валов
«Наименование оборудования»	Оборудование для подготовки, сборки и сварки, аппаратура контроля
Классификация по виду горящего вещества	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Повышенная температура воздуха вокруг возгорания; выделение токсичных продуктов горения; снижение видимости; выгорание кислорода
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Опасность поражения пострадавших и спасателей электрическим током от технологического оборудования на рассматриваемом производственном участке» [6]

Таблица 7 – Средства тушения пожаров на производственном участке

«Первичные средства пожаротушения»	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели» [6]

Пожарная безопасность производственного участка обеспечивается стандартными средствами и технологическими мероприятиями.

3.5 Экологическая безопасность производственного участка

При построении проектных технологических процессов на современном производстве приходится решать не только вопросы обеспечения безопасности труда и пожарной безопасности, но и защиты окружающей среды от негативных воздействий. Оборудование для восстановительной наплавки характеризуется негативным действием на природные составляющие – гидросферу, литосферу и атмосферу. Происходит выброс значительного числа аэрозолей, твердых и жидких отходов, загрязняющих составляющие природы. Защита природы от антропогенного действия со стороны рассматриваемого производственного участка обеспечивается рядом мероприятий, представленных в таблице 8.

Таблица 8 – Защита от антропогенных факторов

Наименование объекта	Производственный участок восстановительной наплавки валов с установленным на нём технологическим оборудованием
действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [6]
действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [6]
действие на литосферу	«На производственном участке 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» [6]

Среди предлагаемых решений особое внимание следует уделить селективному сбору мусора, которое не требует значительных капитальных вложений, но существенно снижает негативное действие на окружающую среду. Кроме того, селективный сбор мусора повышает культуру производства, и положительно сказывается на качестве работ и условиях труда персонала. Помимо этого возможно снижение затрат предприятия из-за возможности рециклинга промышленных отходов.

Выводы по экологическому разделу

В ходе выполнения данного раздела выполнен анализ технического объекта – участка для проведения восстановительной наплавки валов. На основании рассмотренных особенностей реализации проектного технологического процесса выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, оказывающих действие на персонал при выполнении операций проектного технологического процесса. Установлено, что нейтрализация негативных производственных факторов обеспечивается применением стандартных технических средств и методик из арсенала современного промышленного предприятия. Для защиты работников не требуется разработки специальных средств помимо предложенных в настоящем разделе стандартных решений.

Также рассмотрен вопрос обеспечения пожарной безопасности производственного участка, выполнена оценка рисков, возникающих при пожаре, предложены меры по обеспечению пожарной безопасности и тушению возникающих пожаров.

В разделе проведена оценка антропогенного действия производственного участка на окружающую среду, составлен перечень мероприятий, позволяющих повысить экологичность рассматриваемого промышленного объекта, значительно уменьшить нагрузку на окружающую среду со стороны предприятия. Таким образом, следует сделать вывод, что предлагаемая проектная технология может быть реализована на современном предприятии с обеспечением необходимого уровня защиты персонала от действия опасных и вредных производственных факторов. Негативное действие проектного технологического процесса на окружающую среду в должной мере может быть нейтрализовано с применением стандартных средств и методик.

4 Экономическая эффективность предлагаемых решений

4.1 Вводные данные для экономического анализа

В настоящей выпускной квалификационной работе описаны мероприятия, направленные на повышение эффективности базовой технологии на примере восстановления валов. Предыдущие разделы выпускной квалификационной работы содержат анализ исходных данных и предварительный анализ известных решений, постановку задач на выполнение работ приведены в аналитическом разделе. На основании критического анализа известных решений обоснован выбор наиболее эффективного способа восстановительной наплавки. Также описываются решения, позволяющие расширить технологические возможности выбранного способа, приведено описание операций. Анализ возможности реализации предлагаемых решений с соблюдением современных требований по технике безопасности, проведения противопожарных мероприятий и обеспечения экологичности производственного участка выполнены в первом оценочном разделе выпускной квалификационной работы. Настоящий раздел также является оценочным и предназначен для обоснования целесообразности внедрения предлагаемых решений на современном предприятии, для чего необходимо выполнить сравнительный анализ экономических показателей базового и проектного вариантов технологии. Количественные показатели (исходные данные), которые будут использованы в ходе выполнения экономических расчётов, представлены в таблице 9. Значения коэффициентов, необходимых для расчётного определения показателей технологии, представлены в таблице 10. На основании представленных данных, показателей базовой и проектной технологии, предстоит оценить величину технологической, цеховой и заводской себестоимости в рассматриваемых вариантах, объем капитальных

вложений и изменение экономических параметров с выходом на оценку годового экономического эффекта [11].

Таблица 9 – Количественные показатели для экономического анализа

Показатель	Обозначение	Единицы измерения	Значение (базовый вариант)	Значение (проектный вариант)
«Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	400 тыс.	800 тыс.
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	15	20
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,85	0,85
Площадь под оборудование	S	m^2	800	800
Разряд работников	P	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	Р/час	200	200
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей» [11]	$C_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000

Таблица 10 – Значения коэффициентов для проведения расчётов

Показатель	Обозн.	Единицы измерения	Значение
«Коэффициент доплат к основной заработной плате	$K_{осн}$	%	12
Коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{доп}$	-	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,03
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{тз}$	%	5
Цена электрической энергии для предприятия	$C_{ээ}$	Р/ кВт	3,2
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3 5
Норма амортизации площади	$N_{а.пл.}$	%	5
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5
Коэффициент заводских расходов» [11]	$K_{зав}$	-	1,15

Основным отличием, определяющим эффективность проектной технологии по сравнению с базовым вариантом, является замена способа сварки с применением передовых достижений сварочной науки. Описываемые в исполнительском разделе решения обеспечивают повышение

качества и производительности, что даже в условиях применения оборудования большей стоимости должно обеспечить получение экономического эффекта, значение которого будет рассчитано в ходе выполнения настоящего раздела.

4.2 Фонд времени работы оборудования

При расчете параметров, при помощи которых может быть оценена экономическая эффективность производства, в большинстве формул применяется значение эффективного фонда времени работы оборудования F_3 . Этот параметр измеряется в часах и пропорционален количеству смен $K_{см}$ в одном рабочем дне, которое в зависимости от особенностей производства может составлять $K_{см}=1$ или $K_{см}=2$. Также на величину F_3 оказывает влияние принимаемое количество рабочих дней в году D_p , которое в настоящий момент принимается равным $D_p=277$. При расчётном определении фонда времени работы оборудования следует учитывать уменьшение продолжительности смены в предпраздничные дни, которое составляет $T_{п}=1$ час. Такое уменьшение продолжительности устанавливается для праздничных дней $D_{п}=7$ дней. В случае стандартного рабочего дня продолжительность рабочей смены устанавливается $T_{см}=8$ часов. Таким образом, на основании приведенных значений величина F_n составляет

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ часов.} \quad (1)$$

Эффективный фонд времени F_3 отличается от номинального F_n в меньшую сторону, что объясняется возникновением в процессе работы производственного участка внештатных ситуаций и случаев нарушения трудовой дисциплины. Это характеризуется коэффициентом потерь рабочего времени, который для рассматриваемой технологии составляет $B = 7 \%$. С учётом этого

$$F_3 = F_n(1-B/100) = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ часов.} \quad (2)$$

Таким образом, расчёты проводим с величиной $F_3 = 2054$ часов. Эта же величина будет использована для расчётного определения экономических показателей при сопоставительном анализе рассматриваемых вариантов технологии.

4.3 Штучное время и годовая программа

Для расчётного определения экономических показателей, характеризующих анализируемый технологический процесс, следует задаться штучным временем $t_{шт}$, которое затрачивается на изготовление или ремонт одного изделия. Для этого необходимы сведения по особенностям выполнения операций базовой технологии, которые были представлены в первом разделе выпускной квалификационной работы, и сведения по особенностям выполнения операций проектной технологии, которые были представлены во втором разделе. Главной составляющей штучного времени служит машинное время $t_{маш}$, значение которого определяется исходя из особенностей рассматриваемой технологии. Базовый вариант характеризуется $t_{маш}=1,5$ часов, проектный вариант характеризуется $t_{маш}=0,6$ часов. Также в состав штучного времени включено вспомогательное время $t_{всп}$ в размере 10 % от $t_{маш}$. В случае реализации базовой технологии $t_{всп}=0,15$ час, в случае реализации проектной технологии $t_{всп}=0,06$ часа. Приблизительно 5 % от $t_{маш}$ затрачивается на обслуживание рабочего места, что характеризуется переменной $t_{обсл}$. Если на производственном участке реализуется базовый вариант технологии, принимается $t_{обсл}=0,075$ часа. В случае, если на производственном участке реализуется проектный вариант технологии, следует принимать $t_{обсл}=0,03$ часа. Приблизительно 5 % от $t_{маш}$ затрачивается на личный отдых работника, что характеризуется переменной $t_{отд}$. Если на производственном участке реализуется базовый вариант

технологии, следует принимать $t_{отд}=0,075$ часа. При реализации на производственном участке проектного варианта принимают $t_{отд}=0,03$ часа. Приблизительно 1% от $t_{маш}$ затрачивается работником на изучение и сдачу производственного задания, что характеризуется значением подготовительно-заключительного времени $t_{пз}$. В зависимости от реализуемого на производственном участке варианта технологии $t_{пз}=0,015$ часа для базового варианта и $t_{пз}=0,006$ часа для проектного варианта.

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

На основании исходных данных последующие расчёты проводим при $t_{шт}=1,89$ часа при базовом варианте. При проектном варианте последующие расчёты выполняем исходя из значения штучного времени $t_{шт}=0,76$ часа.

Годовая программа $\Pi_{г}$ определяет количество изделий, которое предстоит выпустить в течение одного календарного года и определяет значения коэффициентов загрузки оборудования, который в дальнейшем будут использованы для расчётного определения экономических показателей базового и проектного вариантов. Величина годовой программы $\Pi_{г}$ определяется с учётом ранее полученных значений F_3 и $t_{шт}$

$$\Pi_{г} = F_3 / t_{шт} . \quad (4)$$

Таким образом, в случае реализации на рассматриваемом производственном участке базового варианта $\Pi_{г}=2054/1,89=1086$ изделий. В случае реализации на рассматриваемом производственном участке проектного варианта $\Pi_{г}=2054/0,76=2700$ изделия. Для обеспечения действительной потребности производства необходимо значение годовой программы $\Pi_{г}=1000$ изделий, которое и принимаем для обоих вариантов технологического процесса.

Для задания количества применяемых на производственном участке единиц технологического оборудования необходимо определить его

расчётное значение $n_{\text{расч}}$, для чего в качестве исходных данных служат ранее полученные значения годовой программы Π_{Γ} , эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ и штучного времени $t_{\text{шт}}$. Также в расчётах применяется коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}}$, его значение выбирается из таблицы исходных данных:

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

Для базового варианта $n_{\text{расч}} = 1,89 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,9$. Для проектного варианта $n_{\text{расч}} = 0,76 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$. Таким образом, для обоих рассматриваемых вариантов принимается количество оборудования $n=1$, поэтому определим коэффициент загрузки

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

При реализации базового варианта технологического процесса коэффициент загрузки оборудования составляет $K_{\text{з}} = 0,9/1 = 0,9$. При реализации проектного варианта коэффициент загрузки оборудования составляет $K_{\text{з}} = 0,4/1 = 0,4$.

4.4 Расчёт заводской себестоимости

Эффективность внедряемых в производство решений оценивается по изменению экономических показателей, в большинство из которых в качестве расчётного компонента входит заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$, определяемая расчётным путем через технологическую себестоимость $C_{\text{тех}}$. Величина технологической себестоимости может быть рассчитана с учётом особенностей выполнения операций, входящих в рассматриваемые варианты технологического процесса.

Одной из составляющих технологической себестоимости является стоимость материалов M , для расчёта которой применяется упрощенная формула, учитывающая цену материала $\Pi_{\text{м}}$, нормы расхода материалов $N_{\text{р}}$.

Из таблицы исходных данных принимается значение коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}=1,05$:

$$M = \Pi_M \cdot H_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Для принятых в настоящей работе исходных данных реализация базового технологического процесса предусматривает затраты на материалы в размере $M=(210 \cdot 0,448 + 40 \cdot 0,888) \cdot 1,05 = 129$ рублей. В проектном технологическом процессе рассчитываемые затраты на материалы составляют $M=(137 \cdot 0,6 + 40 \cdot 1,7) \cdot 1,05 = 158$ рублей.

Далее следует рассчитать фонд заработной платы ФЗП. Для этого с учетом ранее установленных значений штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки рассчитывают величину основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$. Для вычисления понадобятся значения коэффициентов доплат K_d и дополнительных доплат $K_{доп}$. Из таблицы исходных значений принимается $K_d=1,88$ и $K_{доп}=0,12$. Размер основной заработной платы $Z_{осн}$ используется в дальнейшем для определения цеховых и заводских затрат, с учётом исходных данных получаем

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

Реализация базового процесса предусматривает размер основной заработной платы $Z_{осн}=200 \cdot 1,89 \cdot 1,88=710$ рублей. Реализация проектного процесса предусматривает размер основной заработной платы составит $Z_{осн}=200 \cdot 0,76 \cdot 1,88=286$ рублей.

Далее необходимо задаться размером дополнительной заработной платы $Z_{доп}$, который рассчитывается как

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

В случае реализации на рассматриваемом производственном участке базовой технологии основная заработная плата составляет $Z_{осн}=710$ рублей, поэтому размер дополнительной заработной платы с учётом коэффициента

$K_{\text{доп}}$ составляет $Z_{\text{доп}}=710 \cdot 0,12=86$ рублей. В случае реализации на рассматриваемом производственном участке проектной технологии основная заработная плата составляет $Z_{\text{осн}}=286$ рублей, поэтому с учётом коэффициента $K_{\text{доп}}$ размер дополнительной заработной платы составляет $Z_{\text{доп}}=286 \cdot 0,12=34$ рублей.

Суммирование основной заработной платы и дополнительной заработной платы, если на рассматриваемом производственном участке реализуется базовый вариант $\Phi ЗП=710 + 85 = 796$ рублей. В случае, если на рассматриваемом производственном участке реализуется проектный вариант $\Phi ЗП=286+34=320$ рублей.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяются исходя из значения фонда заработной платы $\Phi ЗП$ и принимаемого из таблицы исходных данных коэффициента отчислений $K_{\text{сн}}$

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

При реализации на рассматриваемом производственном участке базовой технологии получаем $O_{\text{сн}}=796 \cdot 34/100=279$ рублей. При реализации на рассматриваемом производственном участке проектной технологии получаем $O_{\text{сн}}=320 \cdot 34/100 =109$ рублей.

Для того, чтобы вычислить величину амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ понадобится значение стоимости оборудования $Ц_{\text{об}}$ из таблицы исходных данных. При реализации на производственном участке базового варианта $Ц_{\text{об}}=400000$ рублей. При реализации на производственном участке проектного варианта $Ц_{\text{об}}=800000$ рублей. Также в качестве исходных данных служит машинное время $t_{\text{маш}}$, которое для базового и проектного варианта принимается соответственно как $t_{\text{маш}}=1,89$ часа и $t_{\text{маш}}=0,76$ часа. Для обоих вариантов технологии принимается ранее рассчитанное значение эффективного фонда времени работы оборудования $F_3=2054$ часа. Значение нормы амортизации N_a принимается из таблицы исходных данных $N_a=21,5 \%$ Таким образом, амортизационные отчисления рассчитываются как

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_3 \cdot 100}. \quad (11)$$

и при реализации базового технологического процесса составляют с учётом исходных данных $A_{об}=400000 \cdot 21,5 \cdot 1,89 / 2054 / 1000 = 79$ рублей, при реализации проектного технологического процесса с учётом исходных данных амортизационные отчисления $A_{об}=800000 \cdot 21,5 \cdot 0,76 / 2054 / 1000 = 64$ рублей.

Ещё одной статьей расходов, учитываемой при определении технологической и заводской себестоимости, является расходы на электрическую энергию $P_{э}$. Для расчётного определения понадобится цена на электрической энергии $Ц_{эл}$, которая из таблицы исходных данных принимается $Ц_{эл}=3,2$ руб/кВт·ч. Установленное на производственном участке оборудование имеет КПД=0,7 для базового варианта и КПД=0,85 для проектного варианта. Установленная мощность оборудования при реализации базового варианта технологического процесса составляет $M_{уст}=15$ кВт, установленная мощность оборудования при реализации проектного процесса составляет $M_{уст}=20$ кВт. Таким образом, при использовании формулы

$$P_{э} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{эл} / \text{КПД}. \quad (12)$$

для базового варианта технологического процесса получаем стоимость электрической энергии $P_{э}=15 \cdot 1,89 \cdot 3,2 / 0,7 = 122$ рубля. При реализации проектного процесса расходы на электрическую энергию следует ожидать в размере $P_{э}=20 \cdot 0,76 \cdot 3,2 / 0,85 = 54$ рубля. Как видно из представленных расчётов, при реализации проектной технологии ожидается повышение расходов на электрическую энергию, это может быть объяснено тем, что при реализации проектной технологии используется более мощное оборудование, нежели при реализации базовой технологии.

С учетом рассчитанных значений определяем затраты на оборудование $Z_{об}$ при реализации рассматриваемых вариантов построения технологии

$$З_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (13)$$

который при реализации базового технологического процесса принимаем значение $З_{об.}=79+122=201$ рубля и при реализации проектного технологического процесса принимает значение $З_{об.}=64+54=118$ рубля.

На основании рассчитанных величин составляющих технологической себестоимости может быть определена сама технологическая себестоимость суммированием

$$C_{тех} = M + \PhiЗП + Осс + З_{об}. \quad (14)$$

Реализация базовой технологии характеризуется $C_{тех}=129+796+271+201=1397$ рубля. Реализация проектной технологии характеризуется технологической себестоимостью $C_{тех}=158+320+109+118=705$ рубля.

Для наглядного представления состава технологической себестоимости построены сравнительные диаграммы, представленные на рисунке 23. Структурные составляющие технологической себестоимости, расчёт которых выполнен ранее, представлены таким образом, что позволяют выполнить визуальное сравнение их величин по рассматриваемым вариантам построения технологического процесса. Следует ожидать значительного уменьшения фонда заработной платы и отчислений на социальные нужды, что должно положительно сказаться на экономических показателях производства при внедрении предлагаемых технологических решений.

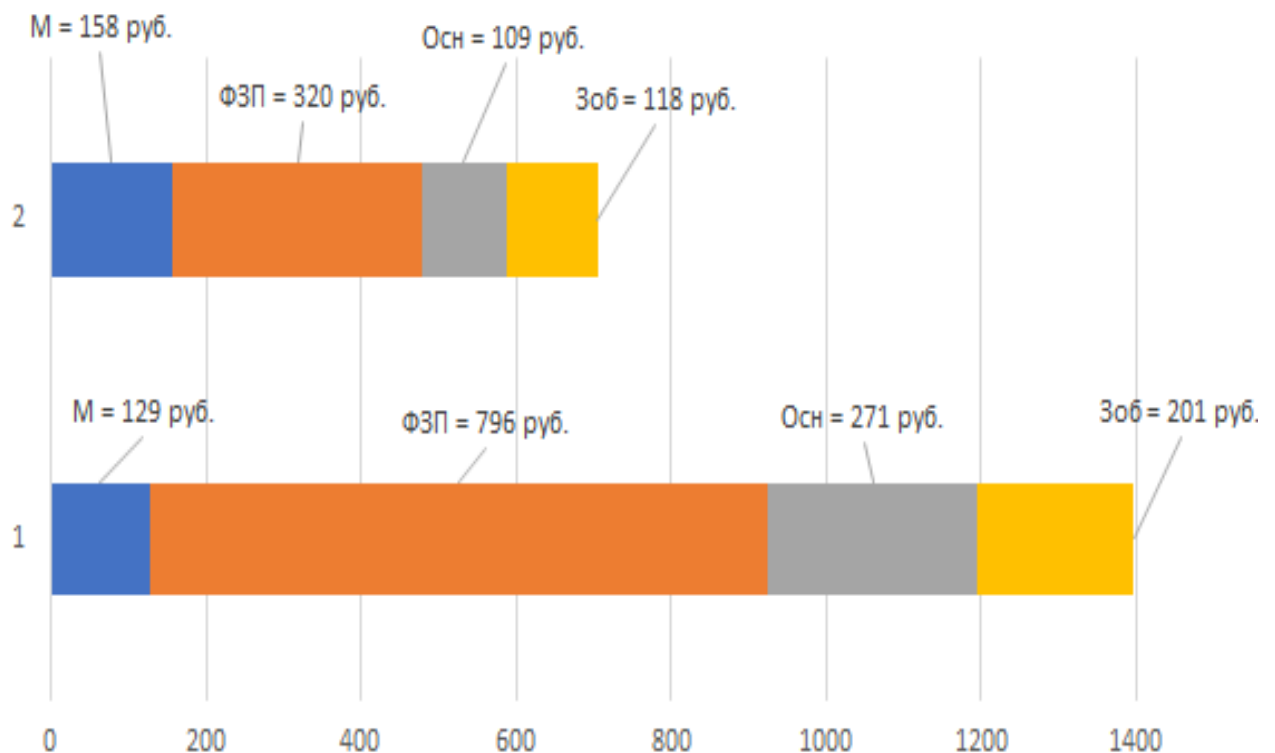


Рисунок 23 – Структура технологической себестоимости при реализации базового и проектного вариантов технологии

Для того, чтобы рассчитать цеховую себестоимость $C_{\text{цех}}$, в качестве исходных данных в формулу подставляются значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, которое увеличивается с учётом цеховых расходов, определяемых через основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и коэффициент цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. Величина основной заработной платы определена ранее, а значение коэффициента цеховых расходов принимается из таблицы исходных данных

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

С учетом введенных данных для базового варианта получаем $C_{\text{цех}} = 1397 + 1,5 \cdot 711 = 1397 + 1067 = 2464$ рубля. В случае, если на производственном участке реализуется проектный вариант, размер цеховой себестоимости составит $C_{\text{цех}} = 705 + 1,5 \cdot 286 = 705 + 429 = 1134$ рубля.

Для того, чтобы рассчитать заводскую себестоимость $C_{\text{зав}}$, в качестве исходных данных в формулу подставляются значения цеховой

себестоимости $C_{\text{цех}}$, которое увеличивается с учётом заводских расходов, определяемых через основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и коэффициент заводских расходов $K_{\text{зав}}$. Величина основной заработной платы определена ранее, а значение коэффициента заводских расходов принимается из таблицы исходных данных

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

При реализации базового варианта технологического процесса размер заводской себестоимости составит $C_{\text{зав}} = 2464 + 1,15 \cdot 711 = 2464 + 818 = 3282$ рубля. В случае реализации на производственном участке проектного процесса размер цеховой себестоимости составит $C_{\text{цех}} = 1134 + 1,15 \cdot 286 = 1134 + 329 = 1463$ рубля. Сравнительная оценка рассматриваемых вариантов технологии может быть выполнена с использованием сведенных в таблицу 11 данных по составляющим заводской себестоимости. Графическое представление состава заводской себестоимости по рассматриваемым вариантам, представленное на рисунке 24, позволяет выполнить сравнительный анализ каждой статьи расходов.

Таблица 11 – Расчёт заводской себестоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	129	158
2. Фонд заработной платы	ФЗП	796	320
3. Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	271	109
4. Затраты на оборудование	З _{об}	201	118
5. Технологическая себестоимость	С _{тех}	1397	705
6. Цеховые расходы	Р _{цех}	1067	429
7. Цеховая себестоимость	С _{цех}	2464	1134
8. Заводские расходы	Р _{зав}	818	329
9. Заводская себестоимость» [11]	С _{зав}	3282	1463

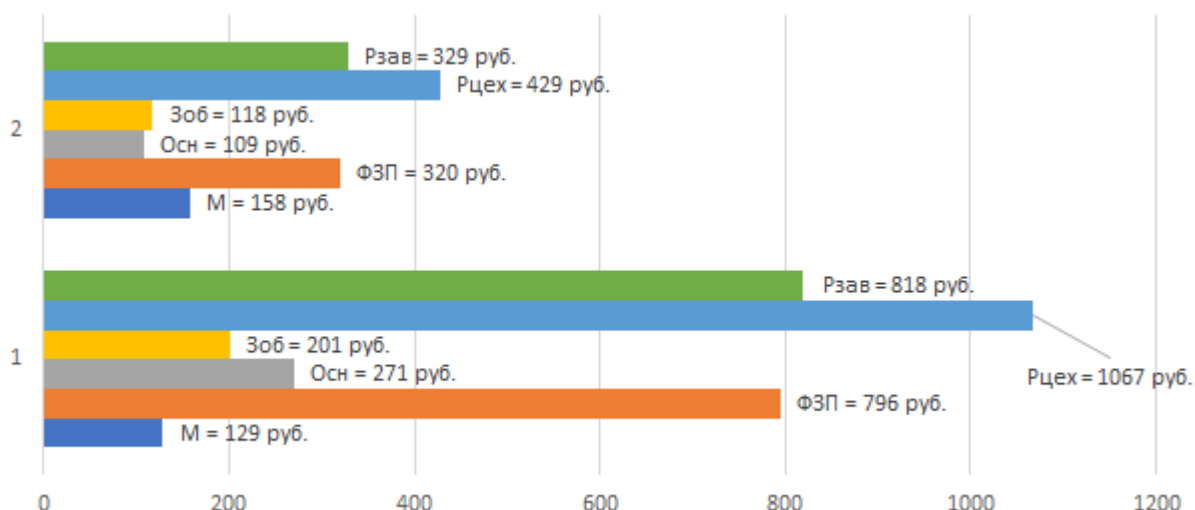


Рисунок 24 – Сравнительная диаграмма составляющих заводской себестоимости при реализации базового и проектного вариантов технологического процесса

Как видно из представленных данных, реализация проектной технологии позволяет уменьшить такие составляющие технологической себестоимости, как затраты на материалы, фонд заработной платы, отчисление на социальные нужды. Значение заводской себестоимости снижается также за счёт уменьшения основной заработной платы.

Как показывает численный и графический анализ, при реализации проектного технологического процесса по сравнению с базовым технологическим процессом наблюдается уменьшение технологической и заводской себестоимости, что позволяет предполагать получение положительного экономического эффекта при внедрении в производство предлагаемых решений. показатели экономической эффективности будут рассчитаны далее с учетом капитальных вложений.

4.5 Капитальные затраты

При внедрении результатов выпускной квалификационной работы потребуется замена технологического оборудования, которое ранее эксплуатировалось на предприятии в течение срока службы $T_{сл}=3$ лет. Цена

оборудования по базовому варианту составляет $\Pi_{\text{перв}}=400000$ рублей. С учётом нормы амортизации N_a стоимость оборудования по базовому варианту может быть вычислена как

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Таким образом, остаточная стоимость оборудования, которое ранее применялось на предприятии для реализации базового технологического процесса, составляет $\Pi_{\text{об.б.}}=400000-(400000 \cdot 3 \cdot 21,5/100)=142000$ рублей.

Ранее для рассматриваемых вариантов технологии был выполнен расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z , который позволяет оценить капитальные затраты по базовому варианту

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{z.б} = 142200 \cdot 0,90 = 127800 \text{ рублей.} \quad (18)$$

В случае, если на производственном участке реализуется проектная технология, капитальные затраты на оборудование $K_{\text{об.пр}}$ вычисляются с использованием ранее определенного коэффициента загрузки оборудования $K_z=0,4$, принятого из таблицы исходных данных коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}=1,05$ и цены оборудования $\Pi_{\text{об.лр.}}=800000$ рублей:

$$K_{\text{об.пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп.}} \quad (19)$$

Получаем $K_{\text{об.пр}} = 800000 \cdot 1,05 \cdot 0,40 = 336000$ рублей.

При вычислении расходов $R_{\text{дем}}$ на демонтаж оборудования, задействованного на производственном участке для реализации базовой технологии, необходимо учесть цену оборудования $\Pi_{\text{об.б}}$ и коэффициента расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$, его принимаем из таблицы исходных данных

$$R_{\text{дем}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ рублей.} \quad (20)$$

При вычислении расходов $R_{\text{мон}}$ на монтаж оборудования, задействованного на производственном участке для реализации проектной

технологии, необходимо учесть цену оборудования $\Pi_{об.пр}$ и коэффициента расходов на монтаж K_m , его принимаем из таблицы исходных данных

$$P_{монт} = \Pi_{об. пр.} \cdot K_m = 800000 \cdot 0,05 = 40000 \text{ рублей.} \quad (21)$$

С учётом полученных результатов расчета сопутствующие капитальные затраты $K_{соп}$ составляют

$$K_{соп} = P_{дем} + P_{монт} = 20000 + 40000 = 60000. \quad (22)$$

Капитальные затраты $K_{общ.пр.}$ при организации производственного участка для выполнения проектной технологии могут быть рассчитаны как сумма капитальных затрат на оборудование $K_{об.пр}$ и сопутствующих затрат $K_{соп}$

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{соп.} = 336000 + 60000 = 396000 \text{ рублей} \quad (23)$$

Размер дополнительных капитальных затрат $K_{доп}$ определяется как разность ранее рассчитанных капитальных затрат по рассматриваемым вариантам

$$K_{доп} = K_{общпр} - K_{общб} = 396000 - 127800 = 268200 \text{ рублей.} \quad (24)$$

Исходными данными для расчёта удельных капитальных вложений $K_{уд}$ служат дополнительные капитальные затраты $K_{доп}$ и годовая программа Π_g , а самое значение $K_{уд}$ определяется как отношение этих величин

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

Если на производственном участке реализуется базовая технология, то размер удельных капитальных вложений определяется как $K_{уд} = 127800 / 1000 = 127,8$ рублей. Если на производственном участке реализуется проектная технология, то размер удельных капитальных вложений определяется как $K_{уд} = 296000 / 1000 = 296$ рублей.

4.6 Экономические показатели эффективности

Для того, чтобы оценить эффективность предлагаемых решений, реализацию которых предлагается выполнить на рассматриваемом производственном участке, следует рассчитать такие показатели, как «снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт}$, повышение производительности труда P_T , снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$, условно годовую экономию $\mathcal{E}_{уг}$, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{ок}$ и годовой экономический эффект $\mathcal{E}_r$ » [11].

При определении снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ в качестве исходных данных следует принять ранее определенные значения штучного времени $t_{шт}$ в базовом и проектном вариантах. На основании проведенных ранее расчётов в качестве исходных данных принимается $t_{шт\ б}=1,89$ часа и $t_{шт\ пр}=0,76$ часа для реализации на рассматриваемом производственном участке вариантов технологии

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт\ б} - t_{шт\ пр}) \cdot 100 \% / t_{шт\ б} = (1,89 - 0,76) \cdot 100 \% / 1,89 = 60 \%. \quad (26)$$

При определении повышения производительности труда P_T , которое достигается на рассматриваемом производственном участке в случае внедрения предлагаемых решений используется рассчитанное ранее значение снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$

$$P_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}) = 100 \cdot 60 / (100 - 60) = 150 \%. \quad (27)$$

Для оценки снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ необходимо в качестве исходных данных использовать рассчитанные ранее технологические себестоимости для случая реализации на рассматриваемом производственном участке вариантов технологии. В случае выполнения операция согласно базового варианта технологии принимается $C_{тех.б}=1397$ рубля. В случае выполнения операций согласно проектного варианта технологии принимается $C_{тех.пр}=705$ рубля

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} = (1397 - 705) \cdot 100\% / 1397 = 50 \% \quad (28)$$

Для оценки размеров условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$ следует в качестве исходных данных принять ранее определенную годовую программу $\Pi_{\Gamma}=100$. Условно-годовая экономия получается из разности заводских себестоимостей по рассматриваемым вариантам. В случае реализации на производственном участке базовой технологии принимается $C_{\text{зав.б.}}=30993$ рубля. В случае реализации на производственном участке проектной технологии принимается $C_{\text{зав.пр.}}=22812$ рубля

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\Gamma} = (3282 - 1463) \cdot 1000 = 18190000 \text{ рублей.} \quad (29)$$

Для расчётного определения срока окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений в качестве исходных данных следует принять ранее рассчитанные условно-годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{уг}}$ и дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} = 296000 / 808100 = 0,2 \text{ года.} \quad (30)$$

В случае реализации на рассматриваемом производственном участке технологического процесса с внесенными изменениями совокупная экономическая эффективность оценивается по годовому экономическому эффекту $\mathcal{E}_{\Gamma}$. Для расчётного определения этой величины необходимо в качестве исходных данных принять ранее рассчитанную условно-годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{уг}}$ и ранее рассчитанную величину дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$. Из таблицы исходных данных принимается значение нормативного коэффициента окупаемости затрат $E_{\text{н}}$

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} = 18190000 - 0,33 \cdot 296000 = 1721320 \text{ рубля.} \quad (31)$$

На основании проведенных расчётов следует констатировать, что внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений позволяет получить повышение всех рассматриваемых в разделе

экономических показателей, что положительно характеризует ценность предложенных решений.

Так как при реализации проектной технологии наблюдается значительное повышение производительности, то рассматриваемый производственный участок и находящееся на нем оборудование может быть использовано для выполнения аналогичных работ, что, в конечном итоге, позволит ещё больше повысить экономические показатели производства и сохранить размер фонда заработной платы без увеличения нагрузки на работников предприятия.

Выводы по экономическому разделу

Таким образом, для представленных в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений выполнено обоснование эффективности внедрения в современное производство. За счёт применения более прогрессивных методов ожидается снижение трудоёмкости на величину $\Delta t_{шт} = 60\%$ и повышение производительности труда на величину $P_T = 150\%$. Повышение производительности труда позволяет в значительной степени уменьшить такую составляющую технологической и заводской себестоимости, как фонд заработной платы. Кроме того, повышение производительности труда позволяет уменьшить значение коэффициента загрузки оборудования, что положительно сказывается на амортизационных отчислениях. За счёт снижения расходов по ряду составляющих ожидается значительное уменьшение технологической себестоимости выполнения работ, которое составляет $\Delta C_{тех} = 50\%$. Снижение технологической себестоимости наблюдается несмотря на то, что проектный технологический процесс предусматривает применение более сложного и дорогостоящего оборудования. Так как наблюдается уменьшение технологической себестоимости и повышение производительности труда, происходит уменьшение величины цеховых и заводских расходов, приводящее к снижению заводской себестоимости. В результате этого возникает условно-годовая экономия в размере $\mathcal{E}_{ут} = 1,8$ млн. рублей. Внедрение предлагаемых

решений требует дополнительных капитальных вложений в размере $K_{\text{доп}} = 296$ тысяч рублей, срок окупаемости которых составляет 0,2 года. При реализации предлагаемых изменений на рассматриваемом производственном участке годовой экономический эффект $\mathcal{E}_r = 1,7$ млн. рублей. Вышеизложенное позволяет судить о целесообразности внедрения на современных предприятиях Российской Федерации предлагаемых решений, так как возникает не только технологический, но и экономический эффект. Кроме того, следует принимать во внимание, что экономический эффект будет мультиплицирован при внедрении предлагаемых решений для восстановления других деталей, а так же при комплексном внедрении на нескольких предприятиях. Многократное повышение производительности труда позволяет предприятию принимать сторонние заказы на проведение восстановительных работ, поэтому на базе производственного участка может быть организован региональный центр восстановления деталей машин.

Заключение

Представленная выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности предприятий Российской Федерации, выполняющих работы по восстановлению деталей машин. В качестве типовой детали рассматривается распределительный вал грузового автомобиля. При анализе базовой технологии, в ходе которой применяется наплавка самозащитной порошковой проволокой, были сформулированы недостатки, устранение которых обеспечивает достижение поставленной во введении цели. По результатам анализа исходных данных и известных решений удалось выполнить постановку задач.

В ходе решения первой задачи была проведена экспертная оценка альтернативных способов восстановления рассматриваемой детали, предложено применить плазменную наплавку, которая при построении проектной технологии обеспечит повышение эффективности предприятия. Полученный результат может быть перенесен на большинство предприятий, продолжающих реализацию восстановительных технологий с применением способов наплавки свободно горячей дугой.

В ходе решения второй задачи предложено использовать достижения российской науки в области управления процессами сварки и наплавки. Для питания сжатой дуги предлагается применить модернизированный источник питания, который может быть построен на базе стандартного сварочного выпрямителя и позволяет существенно расширить технологические возможности плазменной наплавки. Полученный результат может быть использован на целом ряде предприятий Российской Федерации, выполняющих восстановительные работы с использованием сжатой дуги.

В ходе решения третьей задачи сформулирован перечень операций технологического процесса, для которых прописаны требования выполнения, параметры режима и применяемое оборудование. Полученный результат может быть использован на предприятиях Российской Федерации,

выполняющих восстановление деталей машин. Предлагаемая технология реализуется как в условиях единичного производства, так и в массовом производстве, что позволяет в перспективе расширить область работ, выполняемых на рассматриваемом производственном участке.

При выполнении экологического раздела получены сведения, позволяющие заключить, что предлагаемая проектная технология может быть реализована на современном предприятии с обеспечением необходимого уровня защиты персонала от действия опасных и вредных производственных факторов. Должная степень защиты окружающей среды и нейтрализация антропогенного действия производственного участка обеспечиваются предлагаемыми в разделе мероприятиями.

При выполнении экономического раздела проведено обоснование эффективности внедрения предлагаемых решений в современное производство. Применение на производственном участке предлагаемых решений позволяет повысить производительность труда на 150 % и снизить трудоемкость на 60 %. Многократное повышение производительности труда позволяет предприятию принимать сторонние заказы на проведение восстановительных работ, поэтому на базе производственного участка может быть организован региональный центр восстановления деталей машин. За счёт уменьшения основной заработной платы снижается размер цеховых и заводских расходов, что в совокупности с уменьшением технологической себестоимости приводит к условно-годовой экономии 1,8 млн. рублей. Проведенные расчёты показали, что в случае, если на рассматриваемом производственном участке будут реализована проектная технология, годовой экономический эффект составит 1,7 млн рублей.

На основании вышеизложенного предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе решения могут быть рекомендованы для внедрения на современных предприятиях Российской Федерации.

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 газовоздушным напылением // Пленки и покрытия – 2001 (Труды 6-й междунар. Конференции «Пленки и покрытия». 1998. С. 473–476.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
4. Васильев Р. А., Агафонов С. В., Аносова А. И. Восстановление распределительных валов плазменной наплавкой // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежовского. 2023. С. 214-219.
5. Вертакова Ю. В., Плотников В. А. Перспективы импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 7-20.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Зяблов О. К. Применение лазерной технологии при ремонте коленчатых валов судовых двигателей : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Нижний Новгород, 2000.
8. Конкин М. Ю. Ресурсосбережение при эксплуатации автотранспортной техники: дисс... канд. техн. наук. М.: МГАУ, 1998.
9. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технический научно-производственный журнал. 2016. № 7. С. 18-23.

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. Лапытов Р. А., Агеев Е. В., Лапытова Г. Р. Восстановление распределительного вала дизельного двигателя // Современные материалы, техника и технологии. 2016. № 2. С. 146-150.
13. Леякин В. П. Восстановление деталей – важный резерв экономии ресурсов // Вестник ОрелГАУ. 2011. № 2. С. 95-97.
14. Ленчук Е. Б. Научно-технологическое развитие России в условиях санкционного давления // Экономическое возрождение России. 2022. № 3. С. 52-60.
15. Лендел И. В., Максимов С. Ю., Лебедев В. А. Влияние импульсной подачи электродной проволоки на формирование и износостойкость наплавленного валика, а также потери электродного металла при дуговой наплавке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 2015. № 5–6. С. 46–48.
16. 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.
17. Мастенко В. Ю. Высокопроизводительная механизированная двухэлектродная наплавка проволоками под флюсом с подачей дополнительной заземленной проволоки в зону горения дуги // Сварочное производство. 2007. № 8. С. 3–6.
18. Мурзин С. П. Артюшина В. И. Технологический метод повышения эксплуатационных характеристик деталей двигателей и энергетических установок лазерной обработкой // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва . 2006. № 7. С. 14-19.

19. 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

20. 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.

21. Пермяков Д. Н. Анализ материалов и технологий упрочнения распределительных валов двигателей внутреннего сгорания грузовых автомобилей // Наука, техника и образование. 2016 № 7. С. 58-61.

22. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34-42.

23. Рябцев И. А., Переплетчиков Е. Ф., Миц И. В. Влияние исходной структуры и гранулометрического состава порошка на структуру металла 10P6M5, наплавленного плазменно-порошковым способом // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 23–27.

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

25. 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.

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