

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 вала нефтяного насоса

Обучающийся

Э.Г. Сынкова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

ст. преподаватель Д.Э. Советкин

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

Консультанты

к.э.н., доцент Е.Г. Смышляева

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

к.т.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2024

## Аннотация

По причине сильного износа и истощения производственных сил нефтегазовый комплекс Российской Федерации, характеризующийся развитыми многоканальными выходами на внешний рынок, из актива, доставшегося в наследие от Советского Союза, превращается в источник слабости и зависимости от иностранных партнеров.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности наплавочных работ при восстановлении деталей типа вала центробежного нефтяного насоса.

В ходе выполнения аналитического раздела проведен анализ конструкции и условия работы детали, возникающих дефектов. Выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу восстановления деталей машин. Сформулированы недостатки базовой технологии восстановления. Сформулированы задачи выпускной квалификационной работы.

В ходе выполнения исполнительского раздела обоснован выбор способа для восстановительной наплавки, повышена эффективность выбранного способа наплавки и составлена проектная технология.

В ходе выполнения оценочных разделов идентифицированы опасные и вредные производственные факторы производства, предложены мера защиты от них. На основании анализа результатов расчета изменяющихся экономических показателей сделан вывод о целесообразности внедрения предлагаемых решений в производство. Годовой экономический эффект составляет более одного миллиона рублей. Результаты работы предлагаются к внедрению на ремонтных предприятиях Российской Федерации.

## Содержание

Введение . . . . .	4
1 Современное состояние ремонтных технологий . . . . .	6
1.1 Сведения о детали, условиях эксплуатации и дефектах. . . . .	6
1.2 Сведения о материале детали. . . . .	8
1.3 Операции базового технологического процесса. . . . .	11
1.4 Анализ источников научно-технической информации. . . . .	13
1.5 Формулировка задача выпускной квалификационной работы . . . .	15
2 Проектная технология восстановительной наплавки. . . . .	16
2.1 Обоснование выбора восстановительной наплавки. . . . .	16
2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки. . . . .	21
2.3 Операции проектного технологического процесса плазменной наплавки. . . . .	23
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений. . . . .	27
3.1 Постановка задачи. Характеристика технологического объекта. . . .	27
3.2 Идентификация профессиональных рисков. . . . .	28
3.3 Устранение возникающих профессиональных рисков. . . . .	30
3.4 Обеспечение пожарной безопасности. . . . .	32
3.5 Экологическая безопасность. . . . .	34
4 Экономическое обоснование проектных решений. . . . .	35
4.1 Анализ исходных данных для выполнения экономического обоснования. . . . .	35
4.2 Фонд времени оборудования. . . . .	37
4.3 Штучное время и годовая программа. . . . .	38
4.4 Заводская себестоимость рассматриваемых вариантов технологии. . . .	40
4.5 Расчёт капитальных затрат. . . . .	45
4.6 Расчёт экономических показателей. . . . .	47
Заключение . . . . .	49
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	51

## Введение

Для обеспечения бесперебойных поставок энергетических ресурсов потребителю, необходимо организовать работу перекачивающих агрегатов таким образом, чтобы они выполняли свои функции без остановок и со стабильными показателями. В связи с этим следует признать необходимость соблюдения высоких требований по производительности и надежности, которые предъявляются компрессорами и насосам, перекачивающим нефть и газ. Работа таких агрегатов происходит в течение 350...360 дней в году. Для этого необходимо проводить технические мероприятия, которые направлены на грамотную эксплуатацию, в основе которой лежит проведение своевременного ремонта и обеспечение необходимого парка запасных частей. По причине сильного износа и истощения производственных сил нефтегазовый комплекс Российской Федерации, характеризующийся развитыми многоканальными выходами на внешний рынок, из актива, доставшегося в наследие от Советского Союза, превращается в источник слабости и зависимости от иностранных партнеров. Прежде всего это связано с необходимостью получения технологической поддержки со стороны западных фирм, поскольку значительное количество жизненно необходимых технологий в России не развивается, а их воспроизводство остановлено [1], [5], [15].

Таким образом, российская нефтегазодобывающая отрасль столкнулась с необходимостью проведения реновации основных производственных и передающих мощностей. Текущая ситуация осложняется состоянием внешних отношений. В настоящее время отечественный производитель должен рассчитывать на внутренние экономические, организационные и научные резервы страны [2], [16].

Сварочные и наплавочные технологии применяются в различных отраслях промышленности, не только нефтегазодобывающей. Поэтому вложение финансов и трудовых ресурсов в их развитие позволяет получить

эффект, многократно превышающий начальные затраты [9]. Кроме того, следует отметить, что роль ремонтных технологий возрастает по причине увеличения стоимости производства новых металлических конструкций. Это происходит вследствие роста экономических издержек предприятий и недостатка деталей, изготовление которых требует применения высокотехнологичных решений, доступ к которым российским предприятиям ограничивается.

Следует принимать во внимание, что своевременный и правильно проведенный ремонт с применением наплавки позволяет существенно снизить расходы электрической энергии и материалов по сравнению с изготовлением новой детали. Кроме того, отпадает необходимость в решении логистических вопросов, актуальность которых повышается при снабжении запасными частями оборудования, эксплуатируемого на значительном удалении от основных коммуникаций.

Внедрение ремонтных технологий не только позволяет получить положительные эффекты в области экономии и построения технологии. Также следует принимать во внимание необходимость внедрения технологий реновации, связанную с затруднением доступа российского производителя высокотехнологичным деталям и технологиям [8], [12], [19], [20]. При выборе технологических решений следует отдавать предпочтение решениям, имеющимся на отечественном рынке, что позволит обеспечить независимость российской промышленности от поставок высокотехнологичного оборудования иностранного производства.

Типовой деталью, подвергающейся износу и требующей замены ил проведения ремонта, является вал центробежного нефтяного насоса.

Цель настоящей выпускной квалификационной работы – повышение эффективности наплавочных работ при восстановлении деталей типа вала центробежного нефтяного насоса.

## 1 Современное состояние ремонтных технологий

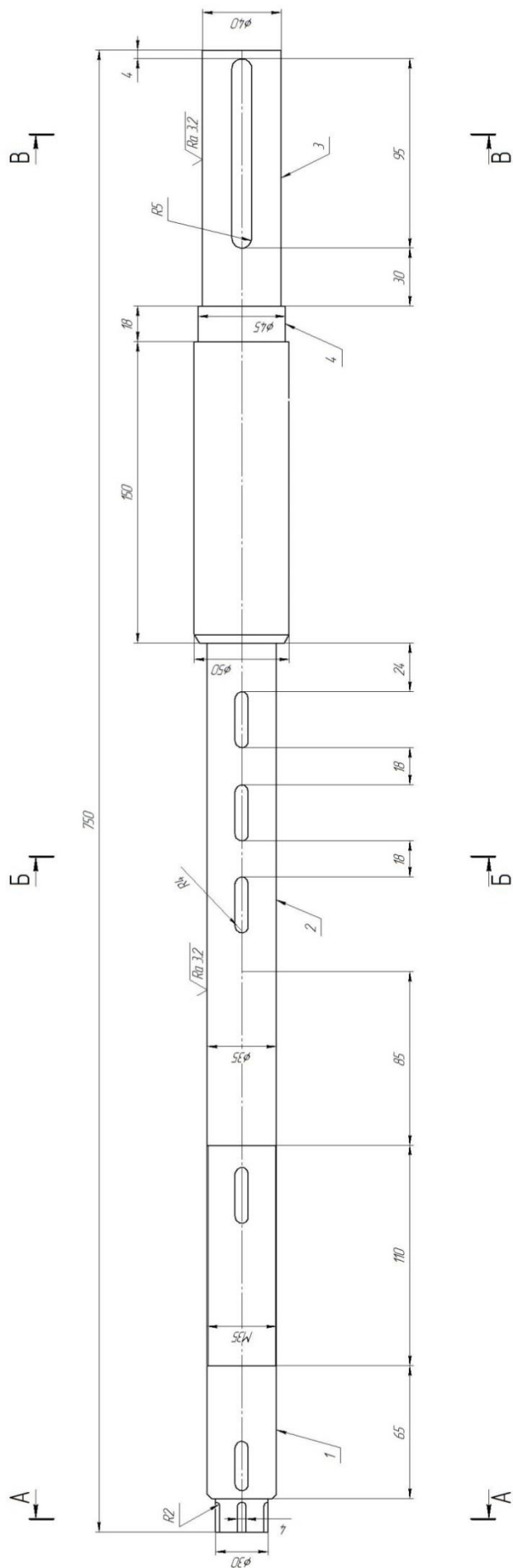
### 1.1 Сведения о детали, условиях эксплуатации и дефектах

На рисунке 1 представлен центробежный секционный насос ЦНС 500-640, который применяется для перекачки нефти, нефтепродуктов и воды. Применение такого насоса позволяет при относительно небольшой подаче обеспечить значительный напор в трубопроводе. В промышленности применяется два типа насосов – секционный и спиральный, у секционного насоса по сравнению со спиральным является высокая производительность и малое энергопотребление. Корпус секционного насоса выполнен в виде набора отдельных секций, которые скрепляются при помощи стяжных болтов, в каждой секции установлено нагнетающее колесо, все нагнетающие колеса крепятся на валу насоса, который представлен на рисунке 2. Вал насоса передает вращающий момент от электрического привода. Представленный на рисунке 1 секционный насос ЦНС 500-640 применяется в нефтехимической, нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей промышленности. Скорость производительность насоса составляет 500 м<sup>3</sup>/сек при потребляемой электрической мощности 10,3 кВт, температура перекачиваемой жидкости 8...38 °С, масса насоса составляет 300 кг.



Рисунок 1 – Центробежный секционный насос для перекачки нефти ЦНС 500-640

$\sqrt{6.3}(\sqrt{1})$



Наименование износа	Предельное значение	Сопрягаемая деталь	Сопрягаемая поверхность
Износ поверхности вала по $\varnothing 35_{-0,016}$	менее $\varnothing 34,984$ мм	Втулка	1
Износ поверхности вала по $\varnothing 35_{-0,016}$	менее $\varnothing 34,984$ мм	Колеса рабочие. Диск гидравлической пяты	2
Износ поверхности вала по $\varnothing 40_{-0,062}$	менее $\varnothing 40,938$ мм	Втулка специальная	3
Износ поверхности вала по $\varnothing 45_{-0,016}$	менее $\varnothing 45,002$ мм	Подшипник	4

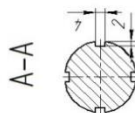
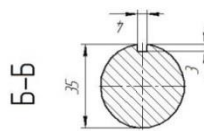
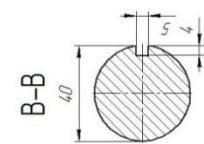


Рисунок 2 – Вал насоса

Вал насоса служит для передачи вращающего момента колесам секций от электрического двигателя и в процессе работы подвергается значительным нагрузкам. При работе вала повышенному износу подвергаются следующие поверхности, которые на рисунке 2 обозначены позициями 1...4: «поверхность вал-втулка, обозначенная на схеме позицией 1; поверхность рабочее колесо-диск пяты, обозначенная на схеме позицией 2; поверхность вал-подшипник, обозначенная на схеме позицией 3; поверхность вал-специальная втулка, обозначенная на схеме позицией 4» [5].

Шейки валов подвергаются максимальному износу, получаемая при этом конусность и эллиптичность величиной до 0,04 мм может быть устранена путем обточки с применением токарного станка и вышлифовыванием. Механическая обточка вала при его износе допускается до уменьшения реальных размеров относительно номинальных размеров не более 3 %. В случае. Если при износе вала обнаружена конусность или эллиптичность более 0,04 мм, уменьшение диаметра составляет более 3 % или на поверхности обнаружены глубокие царапины, исправление вала выполняют с применением наплавки. Наплавку по базовому варианту ведут специальными наплавочными электродами, позволяющими получить необходимые свойства наплавленного слоя, который следует формировать с превышением номинального диаметра, что позволит провести последующую обточку в номинальный размер.

## **1.2 Сведения о материале детали**

Для изготовления вала центробежного насоса применяется сталь 40ХН, которая относится к конструкционным низколегированным сталям, состав которой представлен в таблице 1.

По сравнению с низкоуглеродистыми сталями в стали 40ХН большее содержание углерода, которой повышает твёрдость, предел текучести и временное сопротивление разрушению. Однако высокое содержание



углерода отрицательно сказывается на красноломкости, свариваемости, хладостойкости и ударной вязкости стали

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 40ХН

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,5 – 0,8	1 – 1,4	до 0,035	до 0,035	0,45 – 0,75	до 0,3

В составе стали присутствует кремний, который повышает твёрдость, предел текучести и временное сопротивление стали. На свариваемость влияние кремния противоречивое, так как повышенное содержание кремния может приводит к образованию в сварном шве тугоплавких оксидов, которые свариваемость ухудшают. Кремний отрицательно сказывается на красноломкости, ударной вязкости, стойкости против коррозии и пластичности стали. Марганец повышает твердость, предел текучести временное сопротивление и стойкость против коррозии у сталей, однако отрицательно сказывается на ударной вязкости и пластичности стали. Влияние марганца на свариваемость противоречивое, так как он способен образовывать в сварном шве закалочные структуры, что снижает свариваемость. Хром повышает твёрдость, предел текучести и ударную вязкость стали. Также благодаря повышенному содержанию хрома в стали 40ХН существенно повышается коррозионная стойкость и улучшается внешний вид по сравнению с изделиями из низкоуглеродистых сталей. Хром отрицательно сказывается на хладостойкости деталей.

При сварке и наплавке деталей из стали 40ХН в качестве основной трудности необходимо указать склонность шва к образованию горячих трещин. Причиной появления горячих трещин становится уменьшение при нагреве металла его способности воспринимать деформации без разрушения. В процессе кристаллизации расплавленного металла сварочной ванны происходит его уменьшение в объеме, что приводит к возникновению в металле растягивающих усилий. При этом нагретый до высоких температур металл не способен выдерживать растягивающие нагрузки, в результате чего

нарушается его целостность. Следует учитывать, что на вероятность образования горячих трещин оказывает влияние не только температурная обстановка, определяемая параметрами режима и техник сварки, но и особенности конструкции изделия, что должно учитываться при его проектировании. На валу в качестве концентраторов напряжения выступают переходы по диаметру и места установки штифтов. Применение термической обработки после сварки не снижает вероятность образования горячих трещин, что необходимо принимать во внимание при построении технологических процессов сборки и сварки.

Также сварка и наплавка деталей из стали 40ХН характеризуется высокой опасностью образования холодных трещин, которые представляют собой межзеренное разрушение. Природа холодных трещин определяет их внешнее отличие от горячих трещин, которое может быть обнаружено визуально. Поверхность излома холодной трещины блестящая и не имеет следов окисления. Кроме того, холодные трещины проходят по границам зерен, поэтому имеют ломанную траекторию. Для устранения опасности возникновения холодных трещин в наплавленном металле необходимо сварку вести с предварительным подогревом, избегать наплавки на открытом воздухе и сквозняках. Также следует выполнять термическую обработку детали после наплавки. Особое внимание следует уделять подготовке поверхности детали и прокалке сварочных электродов, так как наличие влаги существенно повышает склонность металла сварного шва к образованию холодных трещин. При сварке и наплавке следует применять параметры режима, обеспечивающие минимальную погонную энергию. При сварке и наплавке могут применяться специальные материалы, состав которых препятствует образованию холодных трещин, например, при аустенитном составе наплавленного металла. Также на образование трещин влияют неметаллические включения, которые попадают в сварной шов в процессе сварки.

### 1.3 Операции базового технологического процесса

Восстановительную наплавку вала по базовой технологии проводят с применением ручной дуговой наплавки на вращателе. Для питания дуги применяется сварочный выпрямитель ВД-301, который представлен на рисунке 3 и имеет падающую внешнюю характеристику. Для наплавки применяют специальные электроды для наплавки ОЗН-300. Перед выполнением наплавки электроды следует прокалить при температуре 300...350 °С в течение 1 часа, после чего поместить их в резервную печь. Вынимать электроды из резервной печи следует по одному непосредственно перед самой наплавкой. Прокаленные электроды должны быть использованы в течение рабочей смены, в противном случае требуется проведение повторной прокалики электродов перед их использованием. Допускается не более трех прокалок, после чего электроды должны быть утилизированы.

Наплавляемая поверхность вала должна быть очищена от жира, ржавчины и других загрязнений. Наклепанный слой и поверхностные дефекты должны быть удалены с применением механической обработки. Также механической обработке подвергаются поверхности с неравномерной выборкой и рисками.



Рисунок 3 – Оборудование для восстановительной наплавки вала:  
сварочный выпрямитель ВД-301

«Температура предварительного подогрева вала перед выполнении восстановительной наплавки составляет 200...300 °, что позволяет устранить опасность возникновения холодных трещин. Толщина слоя при наплавке составляет 2...4 мм, наплавку ведут в нижнем положении, для чего вал предварительно проворачивают во вращателе. Напряжение на дуге составляет 18...24 В, ток наплавки составляет 170...200 А. При наплавке применяют электроды диаметром 4 мм. Наплавку следует вести короткой дугой, длина которой составляет не более одного диаметра электрода, это необходимо для предотвращения выгорания легирующих элементов при наплавке» [14]. Электрод следует держать под наклоном 15...20 градусов по направлению движения, наплавку следует вести по колебательной траектории, формируя наплавленный валит шириной 2,5...3 диаметра электрода. Наплавку можно вести как по спирали, так и продольными валиками. При наложении продольных валиков следует выполнять их поочередную наплавку, как показано на рисунке 4.

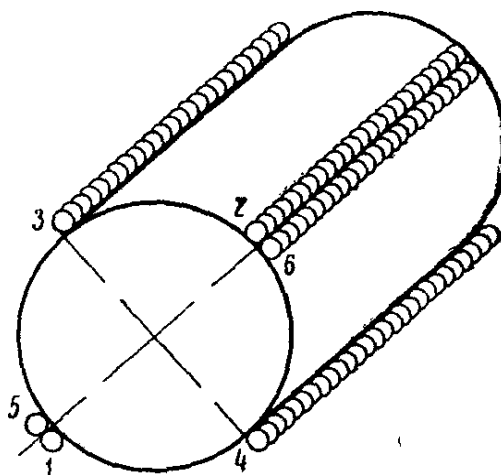


Рисунок 4 – Наплавка изношенной вала продольным наложением швов

Применение электродов ОЗН-300 позволяет выполнять наплавку без последующей термической обработки. Таким образом, обточка и шлифование могут быть выполнены сразу после наплавки. Недостатками базовой технологии является низкая производительность, недостаточные эксплуатационные характеристики восстановленной детали и тяжелые условия труда сварщика.

## 1.4 Анализ источников научно-технической информации

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности работ при ремонтной наплавке рабочих поверхностей деталей машин. В ходе работы над введением выполнен краткий анализ состояния вопроса, обоснована актуальность исследования и сформулирована цель выпускной квалификационной работы. 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. Поиск ведем в сети ИНТЕРНЕТ с применением баз знаний «Диссеркэт» (база кандидатских и докторских диссертаций по различным наукам), «Киберленинка» (база научных статей по различным наукам), «Патонпаблишхаус» (база статей украинских исследователей-сварщиков), архивы журнала «Сварка и диагностика», архивы журнала «Сварочное производство», архивы журнала «Технология машиностроения», база знаний «Е-Лайбрери».

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.

Вторым источником научно-технической информации, найденной в сети Интернет, является работа [23], в которой описан перспективный способ восстановления деталей машин с применением плазменной наплавки.

Эту работу применим для обоснования выбора способа восстановительной наплавки.

Третьим источником научно-технической информации, найденной в сети Интернет, является работа [14], в которой описан перспективный способ восстановления деталей машин с применением наплавки в защитных газах.

Эту работу применим для обоснования выбора способа восстановительной наплавки.

В четвёртой работе [6] показана высокая эффективность наплавки с применением порошковой проволоки.

Эта работа позволяет говорить о высокой эффективности применения наплавки порошковой проволокой и будет использована при обосновании выбора способа наплавки.

В пятой 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.

Таким образом, для последующего экспертного анализа были выбраны такие способы восстановления, как ручная дуговая наплавка, наплавка под флюсом, наплавка в защитных газах, наплавка порошковой проволокой, плазменная наплавка. В исполнительском блоке предстоит обосновать выбор способа восстановления вала и составить проектную технологию с привлечением отечественных разработок в области сварки, наплавки и управления [8], [9], [13].

## 1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности восстановления валов на примере вала нефтяного насоса. Базовая технология предусматривает восстановление с применением ручной дуговой наплавки, которая продолжает широко применяться для изготовления и восстановления металлических конструкций и деталей. Недостатками базовой технологии, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели, является малая производительность процесса наплавки с применением штучных электродов, недостаточная стабильность качества наплавленного металла и низкие эксплуатационные свойства вала после восстановления. Кроме того, ручная дуговая сварка и наплавка характеризуются вредными условиями труда сварщика, что в условиях современного производства становится критичным. При ручной дуговой наплавке происходит перегрев основного металла вала, что приводит к его короблению и укорочению, таким образом, применение количество восстановительных наплавов ограничено. На основании этого можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы. Первой задачей является обоснование выбора способа восстановления вала, которую следует решать по результатам экспертной оценки всех выбранных для анализа способов. Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа восстановления применительно к рассматриваемой в настоящей выпускной квалификационной работе детали с использованием результатов российских исследователей-сварщиков. Третьей задачей является построение проектной технологии восстановления вала, в ходе решения которой предстоит составить перечень технологических операций, назначить параметры режима, технические условия и выбрать оборудование. Далее необходимо выполнить экологическое и экономическое обоснование предлагаемых решений, на основании которых доказать достижение поставленной цели и предложить направление дальнейших работ [4], [10].

## 2 Проектная технология восстановительной наплавки

### 2.1 Обоснование выбора восстановительной наплавки

Самым универсальным способом наплавки является ручная дуговая наплавка, схема выполнения которой представлена на рисунке 5. Наплавку выполняют с применением специальных электродов, состав покрытия которых подобран исходя из условия работы восстановленной детали. Наплавку следует вести слева направо, избегая попадания расплавленного металла на непрогретую поверхность и попадания шлака под слой наплавленного металла. В качестве источников сварочного тока применяются стандартные источники, которые имеются на предприятии, поэтому приобретения специализированного оборудования не требуется. Наплавка может проходить как на переменном токе, так и на постоянном токе, что определяется электродами. При ручной дуговой наплавке применяется предварительный подогрев детали, который позволяет уменьшить погонную энергию и устранить опасность образования холодных трещин. Горячие трещины предварительный подогрев предотвратить не может.

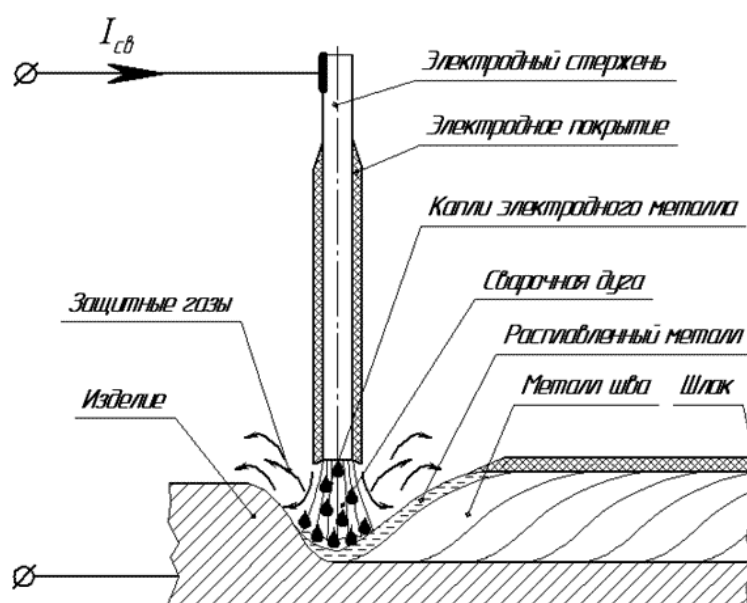


Рисунок 5 – Схема ручной дуговой наплавки



При ручной дуговой наплавке качество в значительной мере зависит от условия проведения наплавки и квалификации сварщика, поэтому наплавленный одними и теми же электродами металл может отличаться по свойствам. Производительность ручной дуговой наплавки крайне мала и специально ограничивается из-за необходимости уменьшения перегрева детали. Кроме того, ручная дуговая наплавка характеризуется значительными потерями дорогостоящего электродного металла на разбрызгивание и огарки. Повышение производительности ручной дуговой наплавки может быть получено при использовании специальных сварочных электродов [3], [7].

Наплавка валов может быть проведена с использованием автоматической наплавки под флюсом, которая представлена на рисунке 6. По сравнению с большинством способов наплавки, этот способ обладает самой высокой производительностью и стабильностью качества наплавленного слоя. Горение дуги происходит между проволокой и деталью и выделяет тепло, расплавляющее флюс и защищающее ванну расплавленного металла шлаковой коркой. Применение флюса позволяет улучшить газовую защиту сварочной ванны, устранить разбрызгивание и повысить эффективный КПД сварки. Таким образом, наплавка под флюсом является одним из самых экономически эффективных способов. Кроме того, при наплавке под флюсом существенно улучшаются условия труда сварщика из-за уменьшения излучения от дуги и вредных испарений.

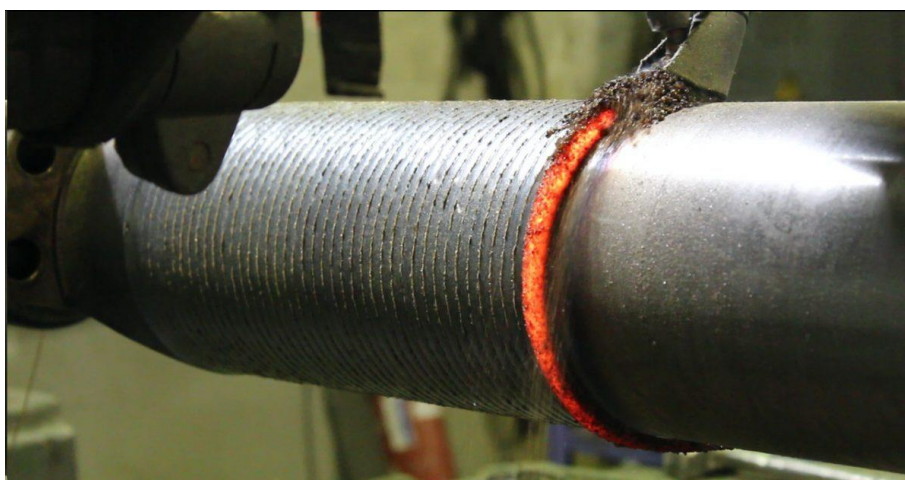


Рисунок 6 – Наплавка валов под флюсом

Наплавка под флюсом характеризуется непрерывностью, так как процесс не останавливают, как это происходит при ручной дуговой наплавке, когда необходимо прерываться на смену электрода. Недостатком наплавки под слоем флюса является увеличение глубины проплавления из-за повышения тепловой мощности дуги. Кроме того, из-за перегрева основного металла происходит укрупнение структуры металла вала, что сказывается неблагоприятно на его эксплуатационных свойствах. Количество восстановлений вала с применением автоматической наплавки под флюсом ограничено, и на рассматриваемой детали может быть выполнено не более двух таких наплавок, после чего вал необходимо утилизировать.

При наплавке валов в защитных газах с применением проволоки сплошного сечения, которая показана на рисунке 7, устраняется проблема шлака, который при наплавке в защитных газах практически не образуется. «Такой способ наплавки может считаться самым технологичным и универсальным, благодаря низкой текучести расплавленного металла в углекислом газе наплавку можно вести в различных пространственных положениях» [22]. Применение углекислого газа для защиты сварочной ванны характеризуется малой стоимостью по сравнению с применением газовых смесей. Наплавку ведут на постоянном токе обратной полярности. По причине окисления металла кислородом от разложения углекислого газа в наплавочную проволоку следует вводить дополнительные легирующие и раскисляющие компоненты, что отрицательно сказывается на её стоимости.

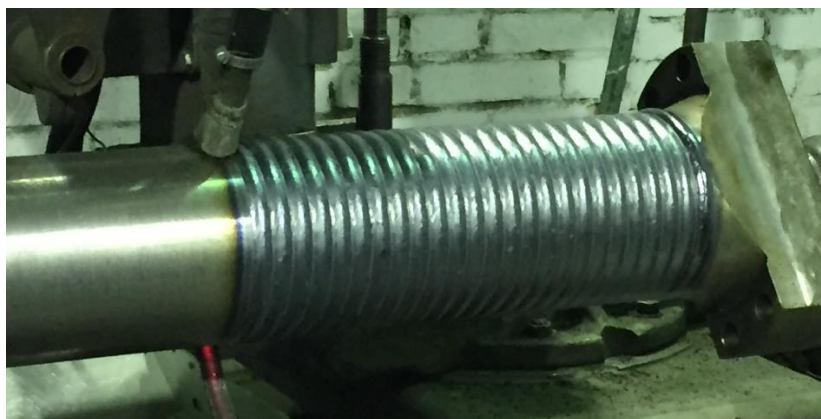


Рисунок 7 – Наплавка вала в защитном газе проволокой сплошного сечения

В настоящее время не устранены полностью основные недостатки процесса сварки и наплавки в углекислом газе. В первую очередь, это малая пространственная стабильность дуги, что усложняет процесс наплавки и становится причиной образования дефектов в наплавленном металле. Также при сварке и наплавке наблюдается усиленное разбрызгивание, которое усложняет наблюдение за формированием наплавленного металла и заставляет проводить очистку поверхности детали после сварки и наплавки. Разбрызгивание и испарение электродного металла приводит к уменьшению эффективного теплового КПД сварки. Для повышения эффективности наплавки в защитном газе проволокой сплошного сечения применяют импульсное управление переносом электродного металла [21], [22], разрабатывают новые наплавочные материалы и применяют импульсную подачу сварочной проволоки [11].

Применение порошковой самозащитной проволоки при наплавке, которая представлена на рисунке 8, позволяет существенно повысить производительность по сравнению с ручной дуговой наплавкой. Стоимость изготовления порошковой проволоки существенно ниже стоимости изготовления легированной проволоки сплошного сечения, при этом существенно расширяется возможность легирования наплавленного металла, так как изменять состав порошкового наполнителя намного проще, чем состав проволоки сплошного сечения. При наплавке порошковой самозащитной проволокой применения дополнительного флюса и защитного газа не требуется, что существенно упрощает процесс наплавки.



Рисунок 8 – Наплавка порошковой проволокой

На поверхности наплавленного металл образуется тонкий слой шлака, который легко удаляется. Технологические преимущества наплавки порошковой проволокой сглаживаются недостатками, которые не устранены до настоящего времени. Первым недостатком является высокая мягкость проволоки, которая становится причиной частых заломов и застревания проволоки в подающем механизме.

На рисунке 9 представлена плазменная наплавка, при которой в качестве источника нагрева выступает сжатая дуга, являющаяся самым эффективным инструментом по сравнению с дугами при других способах наплавки. В качестве присадки может быть использована проволока и порошок, вносимый в дугу или на поверхность деталей. Наибольшими технологическими возможностями обладает плазменная наплавка с внесением наплавочного порошка в дугу. При этом в зависимости от параметров режима может быть получена толщина наплавленного металл от 0,3 до 10 мм.

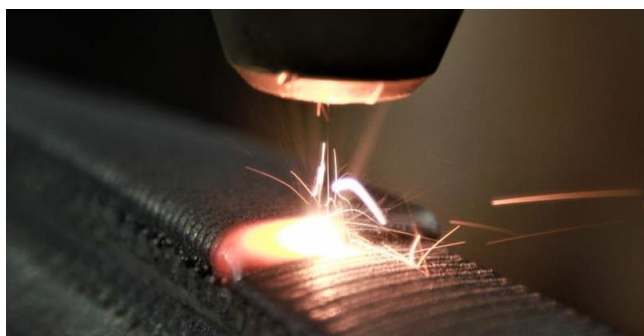


Рисунок 9 – Плазменная наплавка

Применение плазменной наплавки обладает большим по сравнению с другими рассмотренными способами наплавки потенциалом, позволяет не только восстановить свойства детали, но и позволяет повысить её эксплуатационные свойства за счёт применения перспективных наплавочных материалов.

Для построения проектной технологии предлагается применить плазменную наплавку, эффективность которой будет повышена за счёт разработок российских исследователей-сварщиков.

## 2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки

«Для расширения технологических возможностей плазменной наплавки достигается при применении установки, представленной на рисунке 10. Плазматрон, обозначенный на схеме позицией 1, перемещается относительно восстанавливаемой детали, которая обозначена на функциональной схеме позицией 2. Питание сжатой дуги осуществляется от специализированного источника постоянного тока, обозначенного на схеме позицией 3. Подключение детали 2 к схеме питания осуществляется через дроссель, обозначенный на функциональной схеме позицией 4. При наплавке происходит горение одной косвенной дуги и двух прямых дуг» [23].

Для термической активации поверхности детали между катодом, который обозначен на функциональной схеме позицией «К» и деталью зажигается дуга прямого действия. При этом ток, который питает дугу, проходит по цепи, в которую включены дроссель 4, балластное сопротивление 9, источник питания 3. При помощи балластного реостата 9 и блока управления 10, который задает параметры работы модулятора 8, устанавливается средняя величина тока 15...20 А при среднем напряжении 130...160 В. Ток прямой дуги имеет импульсную форму с амплитудой 50...100 кВт с частотой следования импульсов 900...1600 Гц, при этом длительность импульса тока составляет 300...500 мкс. Таким образом, модулятор 8 выполняет функцию частотной модуляции тока прямой дуги.

Далее зажигают дугу косвенного действия, которая горит между катодом, обозначенным на функциональной схеме позицией «К» и анодом плазматрона, обозначенным на схеме позицией «А». Ток, питающий косвенную дугу, проходит по электрической цепи, в которую входит источник питания 3, балластное сопротивление 6 и дроссель 4. Модуляция импульсов тока выполняется модулятором 5, работа которого управляется блоком 7. Задается средний ток 140...160 А, напряжение 180...220 В, частота импульсов 4...5 кГц при длительности импульса тока 50...60 мкс.

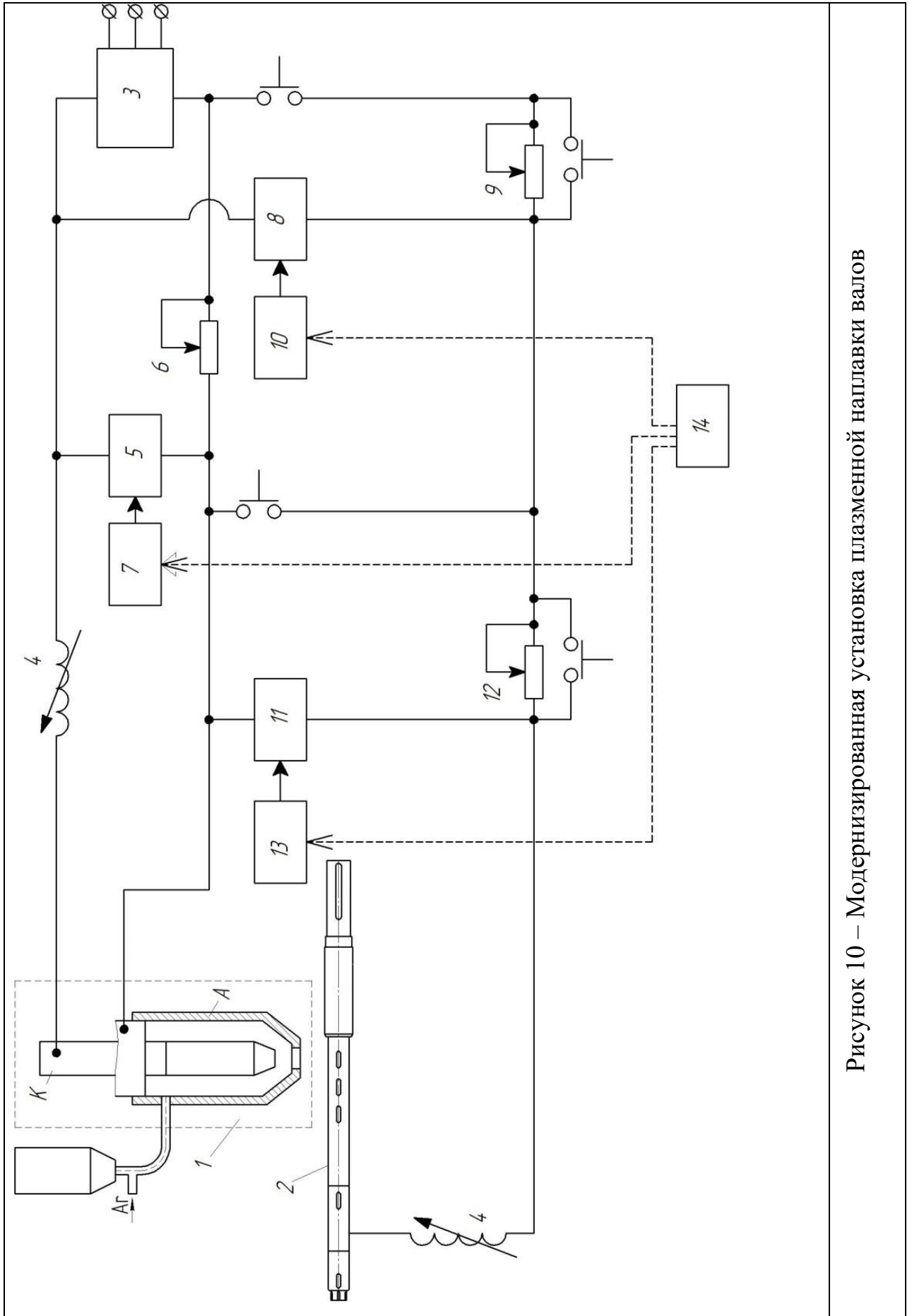


Рисунок 10 – Модернизированная установка плазменной наплавки валов

Далее загорается дуга прямого действия между анодом плазматрона, который обозначен на функциональной схеме позицией «А», и деталью, которая обозначена на схеме позицией 2. Ток дуги прямой полярности проходит по электрической цепи, которая включает в себя источник питания 3, балластный реостат 12, дроссель 4. При помощи модулятора 11, управляемого блоком 13, и балластного реостата 12 задаются импульсы тока дуги прямого действия с частотой 0,3...0,4 кГц, длительностью импульса тока 1,4...1,6 мс, мощностью 100...250 кВт при среднем токе 8...15 А и среднем напряжении 110...150 В.

Поочередное горение трех дуг позволяет снизить нагрузку на плазматрон, повысить пространственную стабильность горения сжатой дуги и качество наплавки. Качество наплавленного слоя обеспечивается за счёт отдельного регулирования тепловложения в основную деталь и в плавление присадочного материала. При этом производительность наплавки по сравнению с традиционными способами наплавки увеличивается в 2...2,5 раза.

### **2.3 Операции проектного технологического процесса плазменной наплавки**

При транспортировке деталей применяется внутрицеховой транспорт, детали, подлежащие восстановлению, перемещаются на участок восстановления и укладываются для временного хранения в специальные стеллажи.

Мойка вала выполняется на машине Magido L331, которая представлена на рисунке 11. Мойку выполняют с использованием щелочного раствора, нагретого до температуры 80...90 °С, частот колебаний составляет 20...25 кГц. Машинную мойку проводят в течение 30..40 минут, за которые удаляются основные загрязнения, полученные валом за время работы в установке.



Рисунок 11 – Моечная машина Magido L331

После мойки следует промыть деталь в проточной воде, температура которой составляет 20...30 °С. Промывка в проточной воде продолжается в течение 10...15 минут.

Далее проводят дефектовку. Шейки валов подвергаются максимальному износу, получаемая при этом конусность и эллиптичность величиной до 0,04 мм может быть устранена путем обточки с применением токарного станка и вышлифовыванием. Механическая обточка вала при его износе допускается до уменьшения реальных размеров относительно номинальных размеров не более 3 %. В случае. Если при износе вала обнаружена конусность или эллиптичность более 0,04 мм, уменьшение диаметра составляет более 3 % или на поверхности обнаружены глубокие царапины, исправление вала выполняют с применением наплавки. Валы с трещинами восстановлению не подлежат и должны быть утилизированы. Проверку геометрии вала проводят с применением базирующей призмы и микрометра MS-111.

Подготовку поверхности детали перед наплавкой выполняют с применением дробеструйной обработки, позволяющей окончательно устранить загрязнения на поверхности вала и подготовить её для наплавки. Для этого применяется дробеструйная камера ГАКС-ДК-М, представленная на рисунке 12. После очистки вала поверхности, которые следует защитить от возможного загрязнения при плазменной наплавке покрывают защитной мастикой «Рунакром-М3».





Рисунок 12 – Дробеструйная камера

Для плазменной наплавки применяется установка ОКС-11233, представленная на рисунке 13. Наплавку ведут порошком ПГ-СР4 в среде аргона. При наплавке применяются три группы параметров режима в зависимости от места выполнения наплавки. Первая группа параметров относится к сопряжению «вал-втулка», для него устанавливаются «сила тока – 170...180 А, напряжение – 30 В, скорость вращения вала – 0,7...0,8 мин<sup>-1</sup>, расход порошка – 12...14 г/мин, расстояние от сопла плазматрона до детали – 9...12 мм; расход транспортирующего газа – 7...9 л/мин; расход плазмообразующего газа – 1,2...2 л/мин; частота колебаний плазматрона – 0,4...0,5 Гц» [23].



Рисунок 13 – Установка для плазменной наплавки

Вторая группа параметров применяется при наплавке мест сопряжения «вал-колесо». «Для них применяются сила тока – 120...140 А, напряжение – 25 В, скорость вращения вала – 0,4...0,5 мин<sup>-1</sup>, расход порошка – 20...22 г/мин, расстояние от сопла плазматрона до детали – 9...12 мм; расход транспортирующего газа – 7...9 л/мин; расход плазмообразующего газа – 1,2...2 л/мин; частота колебаний плазматрона – 0,4...0,5 Гц.

Третья группа параметров соответствует месту сопряжения «вал-подшипник», для него применяются сила тока – 160...170 А, напряжение – 30 В, скорость вращения вала – 0,6...0,7 мин<sup>-1</sup>, расход порошка – 14...16 г/мин, расстояние от сопла плазматрона до детали – 9...12 мм; расход транспортирующего газа – 7...9 л/мин; расход плазмообразующего газа – 1,2...2 л/мин; частота колебаний плазматрона – 0,4...0,5 Гц» [23].

В процессе наплавки вал мог получить деформацию, которую следует исправить с применением гидравлического пресса ОКС 1671 Н, представленного на рисунке 14-а. Допуск на радиальное биение поверхностей вала составляет 0,15 мм.

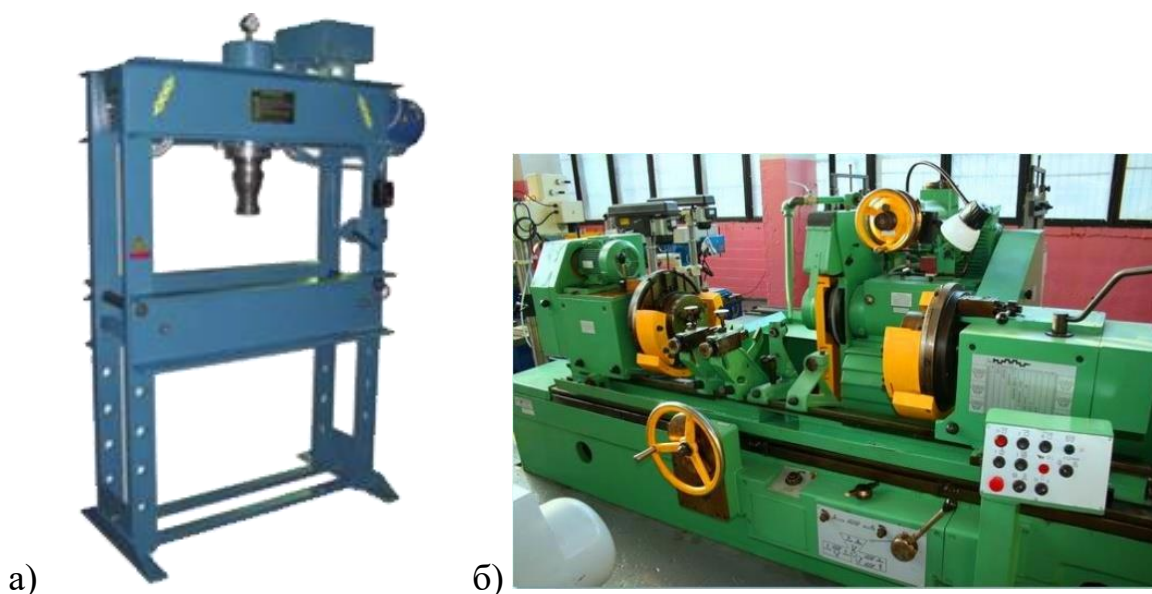


Рисунок 14 – Гидравлический пресс для правки вала (а) и копировальношлифовальный станок (б)

Шлифовку поверхности вала выполняют на копировально-шлифовальном станке, представленном на рисунке 14-б.

### **3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений**

#### **3.1 Постановка задачи. Характеристика технологического объекта**

В настоящей выпускной квалификационной работе проведены литературные изыскания по тематике восстановительной наплавки деталей машин типа валов, на основании которых составлена проектная технология восстановительной наплавки вала нефтяного насоса с применением плазменной наплавки. Для построения проектного технологического процесса обоснован выбор плазменной наплавки, для проведения которой на предприятии выделяется восстановительный участок. В выпускной квалификационной работе обосновывается эффективность замены ручной дуговой наплавки на восстановительную плазменную наплавку. Изменение технологии приводит к возникновению новых негативных производственных факторов и требует выработки решений по их компенсации, что позволит обеспечить безопасность предлагаемого проектного технологического процесса для персонала предприятия и окружающей среды. Анализ проектной технологии восстановительной наплавки представлен в таблице 2. Проектный технологический процесс укрупненно предусматривает последовательное выполнение семи операций: мойка, дефектовка, подготовка дефектного места, восстановительная плазменная наплавка, правка, механическая обработка, контроль качества. Для выполнения каждой операции привлекается соответствующий технический персонал, приведенный во втором столбце таблицы 2, и технологическое оборудование, приведенное в третьем столбце таблицы 2. Также для выполнения операция могут потребоваться расходные материалы, которые приведены в четвертом столбце таблицы 2. Таким образом, проектный технологический процесс условно разбивается на семь операций, особенности кадрового и технического обеспечения выполнения которых представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Паспортизация технического объекта

Операция	Персонал	Оборудование	Материалы
1. «Мойка	Слесарь-сборщик	Моечная машина Magido L331	1) Щелочной раствор 2) Вода техническая
2 Дефектовка	Инженер - дефектоскопист	Штангенциркуль ШЦ, нутромер индикаторный НИ-50М, дефектоскоп ПМД-70	1) Масло
3. Подготовка дефектного места	Слесарь-сборщик	Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М, дробь стальная, краскопульт SATA-LM2000	Воздух сжатый, мастика защитная РУНАКРОМ-М3
4. Плазменная наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Установка плазменной наплавки, патрон Т-100-0014, источник питания модернизированный	Порошок наплавочный ПГ-СРЧ+3%Al, аргон
5. Правка	Слесарь-сборщик	Гидравлический пресс ОКС 1671 Н	-
6. Механическая обработка	Токарь-фрезеровщик	Токарный станок 1К62Ф3С	Резец Р6М5, СОЖ "Укринал"
7. Проведение контроля качества» [23]	Инженер - дефектоскопист	Лупа х4, линейка, твердомер ТН-320, штангенциркуль, набор ДМК-4	-

На основании данных таблицы 2 может быть выполнена идентификация негативных производственных факторов, оказывающих воздействие на персонал и окружающую среду.

### 3.2 Идентификация профессиональных рисков

При реализации проектной технологии восстановительной плазменной наплавки персонал подвергается негативному воздействию по причине наличия негативных факторов, источниками которых является применяемое технологическое оборудование, элементы обрабатываемых деталей. Кроме того, при реализации технологического процесса с применением плазменной наплавки источником негативных факторов является сжатая дуга. В таблице 3 представлены негативные факторы (опасные и вредные), возникновение которых происходит при реализации технологического процесса.

Таблица 3 – Идентификация негативных производственных факторов

Операция (источники фактора)	Негативный фактор
1. Мойка (Моечная машина Magido L331)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>
2 Дефектовка (Ультразвуковой дефектоскоп)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковое излучение;</li> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>
3. Подготовка дефектного места (Дробеструйная камера ГАКС-ДК-М, дробь стальная, краскопульт SATA-LM2000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>
4. Плазменная наплавка (Установка плазменной наплавки)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>
5. Правка (Гидравлический пресс ОКС 1671 Н)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>
6. Механическая обработка (Токарный станок 1К62Ф3С)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>
7. Проведение контроля качества (Ультразвуковой дефектоскоп)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковое излучение;</li> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека</li> </ul>

Таким образом, для последующего анализа следует выделить такие негативные факторы:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации;
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;
- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья

Представленные в таблице 3 негативные факторы в количестве восьми, не являются новыми и успешная нейтрализация может быть обеспечена стандартными техническими средствами и методиками, находящимися в резерве промышленного предприятия.

### **3.3 Устранение возникающих профессиональных рисков**

На основании ранее проведенных работ по идентификации профессиональных рисков, возникновение которых происходит при реализации предлагаемой технологии, могут быть предложены мероприятия и технические средства из имеющихся в арсенале промышленного предприятия решений, которые для наглядности были сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Устранение профессиональных рисков

Наименование негативного фактора	Средство устранения негативного фактора	Индивидуальная защита
1) «острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья» [4]	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	-

На основании анализа состава таблицы 6 можно заключить, что для предотвращения воздействия на работников негативных производственных факторов достаточно применения средств и методик из стандартного арсенала предприятия. Применение предлагаемых в таблице 4 средств защиты и технологий защиты позволяют снизить до приемлемого уровня возникающие при реализации проектной технологии производственные риски.

### 3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При построении технологических процессов с применением сварочных и наплавочных технологий следует принимать во внимание, что такие производства характеризуются повышенной пожарной опасностью. Применение сжатой дуги предполагает работу с источником нагрева высокой интенсивности, воздействие которого на окружающие предметы может вызвать возгорание. Кроме того, применение электрической аппаратуры, работа которой предусматривает протекание значительного тока, также становится потенциальным источником возникновения пожара. В таблице 5 представлена идентификация потенциального пожара, который может возникнуть на рассматриваемом технологическом участке.

Таблица 5 – Идентификация класса потенциального пожара

«Наименование участка	Участок плазменной наплавки валов деталей машин
Наименование оборудования	Оборудование для механической обработки, оборудование для термической обработки, установка плазменной наплавки, 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» [4]	Опасность поражения пострадавших и спасателей электрическим током от технологического оборудования на рассматриваемом производственном участке

Таким образом, пожар на производственном участке, если таковой случится, будет отнесен к классу «Е». причиной этого является то, что помимо горения материалов наблюдается опасность поражения людей электрическим током. В числе негативных факторов рассматриваемого пожара следует указать поток горячего воздуха, движущийся по направлению от места горения; тепловое излучение; токсичные выделения от продуктов горения; затруднение видимости из-за образования аэрозоля при



горении веществ; разлет искр; выгорание кислорода. Также в результате пожара происходит нарушение изоляции технологического оборудования и электрической проводки на производственном участке, из-за чего персонал предприятия и спасатели могут подвергаться опасности поражения электрическим током. В таблице 6 представлены предлагаемые средства по нейтрализации негативных факторов потенциального пожара.

Таблица 6 – Средства нейтрализации негативных факторов пожара

«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 (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [4]	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

Для обеспечения пожарной безопасности производственного участка предлагаются стандартные средства из резерва предприятия. При организации противопожарной защиты особое внимание следует уделить мероприятиям, снижающим опасность возникновения пожара. К таким мероприятиям следует отнести содержание в порядке рабочих мест, недопущение складирования на участке горючего мусора, тряпок, картона, пенопласта. Кроме того, следует проводить периодический инструктаж персонала по противопожарной дисциплине. В случае возгорания его следует локализовать и постараться потушить имеющимися средствами, обращению с которыми следует обучать персонал предприятия.

### 3.5 Экологическая безопасность

Работа современных промышленных предприятий регламентируется не только требованиями безопасности для работников и пожарной безопасности, но и требованиями защиты окружающей среды от вредного воздействия, которое наблюдается при выполнении операций технологического процесса. Так как современное предприятие должно придерживаться мировой экологической повестке, при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы следует предусмотреть меры по уменьшению антропогенного действия и защите основных составляющих природы – гидросферы, литосферы и атмосферы от антропогенных факторов. Для обеспечения защиты окружающей среды могут применены стандартные средства и методики, которые для наглядности сведены в таблицу 7. Применение указанных средств позволяет обеспечить разумный уровень антропогенного действия производства.

Таблица 7 – Средства и методики по обеспечению экологической безопасности

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки 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» [4]
действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [4]
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» [4]

Предлагаемые методики и средства являются стандартными, разработки специальных средств и методик не требуется.

## **4 Экономическое обоснование проектных решений**

### **4.1 Анализ исходных данных для выполнения экономического обоснования**

Настоящая выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности восстановления валов на примере вала нефтяного насоса. Базовая технология предусматривает восстановление с применением ручной дуговой наплавки, которая продолжает широко применяться для изготовления и восстановления металлических конструкций и деталей. Недостатками базовой технологии, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели, является малая производительность процесса наплавки с применением штучных электродов, недостаточная стабильность качества наплавленного металла и низкие эксплуатационные свойства вала после восстановления. Кроме того, ручная дуговая сварка и наплавка характеризуются вредными условиями труда сварщика, что в условиях современного производства становится критичным. При ручной дуговой наплавке происходит перегрев основного металла вала, что приводит к его короблению и укорочению, таким образом, применение количество восстановительных наплавов ограничено.

С использованием отечественного оборудования, материалов и разработанных в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений составлена проектная технология, предусматривающая формулировку перечня выполняемых технологических операций, назначение оптимальных параметров обработки, выбор технологического оборудования.

Для выполнения экономических расчётов все исходные данные по применяемым технологиям и расчётным коэффициентам приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные для экономического обоснования

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Принимаемое значение по варианту технологии	
			базовый	проектный
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_d$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	100 тыс.	1000 тыс.
Норма амортизации оборудования	$K_a$	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	12	70
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	$S$	$m^2$	800	800
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/ $m^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $m^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	$E_n$	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [10]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании представленных данных предстоит выполнить расчёт себестоимости (технологическая, цеховая, заводская) по базовому и проектному вариантам. Далее следует оценить величину капитальных затрат. Для оценки эффективности предлагаемых решений будут вычислены основные экономические показатели: «повышение производительности труда, снижение технологической себестоимости, снижение трудоемкости, условно-годовая экономия и годовой экономический эффект» [10].

## 4.2 Фонд времени оборудования

Принимаемые для рассмотрения варианты технологического процесса предусматривают применение технологического оборудования и персонала, работу на производственных площадях. При этом для вычисления годовой программы, расходов и капитальных вложений требуется знание размеров фонда рабочего времени  $F_H$  и эффективного фонда рабочего времени  $F_3$ , который отличается от фонда рабочего времени  $s$  по причине наличия потерь времени, величина которых задается коэффициентом потерь рабочего времени  $B$ . Для расчётов принимается  $B=7\%$ .

Поскольку в проектном варианте технологии предлагается использовать имеющуюся производственную базу, то годовой фонд времени по сравнению с базовым вариантом технологии не изменится. Для расчёта фонда времени необходимо задать количество смен  $K_{см}$  и количество рабочих дней в году  $D_p$ , для рассматриваемого в выпускной квалификационной работе технологического объекта принимаем  $K_{см}=1$  и  $D_p=277$ . С учётом нормативов труда продолжительность рабочей смены составляет  $T_{см}=8$  часов. В течение одного года есть предпраздничные дни в количестве  $D_{п}=7$  дней, в эти дни на величину  $T_{п}=1$  час происходит уменьшение продолжительности смены. С учётом представленных данных годовой фонд времени составит

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

Для рассматриваемой технологии коэффициент потерь рабочего времени принимается равным  $B = 7\%$ , таким образом, рассчитываем эффективный фонд времени:

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

Для проведения дальнейших расчётов по обоснованию эффективности предлагаемых решений принимаем эффективный фонд времени  $F_3 = 2054$  часов.

### 4.3 Штучное время и годовая программа

Годовая программа выпуска и составляющие технологической себестоимости проведения сварочных работ зависят от объемов времени, которое затрачивается на проведение рассматриваемых в настоящей выпускной квалификационной работе технологических операций при изготовлении (ремонте) одного изделия – штучного времени  $t_{шт}$ . Для расчета величины штучного времени  $t_{шт}$  необходимо применить знания по нормированию труда. Рабочее время затрачивается непосредственно на выполнение основных операций, что учитывается частью рабочего времени, обозначаемой как  $t_{маш}$  – машинное время. Вспомогательное время  $t_{всп}$  является частью штучного времени, которое расходуется на действия по обеспечению основной работы, упрощенно можно принять  $t_{всп} = 0,1t_{маш}$ . На обслуживание рабочего места расходуется время  $t_{обсл}$ , для которого в настоящей выпускной квалификационной работе можно принять  $t_{обсл} = 0,05t_{маш}$ . На личный отдых работника затрачивается время  $t_{отд}$ , для выполнения расчётов в настоящей выпускной квалификационной работе можно упрощенно принять  $t_{отд} = 0,05t_{маш}$ . На подготовку к сварке, изучение документации и сдачу работ расходуется подготовительно-заключительное время, которое упрощенно принимается как  $t_{п-з} = 0,01t_{маш}$ . Таким образом, расчёт штучного времени для базового  $t_{шт.баз}$  и проектного  $t_{шт.проектн.}$  вариантов технологии составит:

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

$$t_{шт.баз} = 0,86 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1,5 \text{ часов}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,34 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,6 \text{ часов}$$

Для расчёта экономического эффекта необходимо знание годовой программы  $П_g$ , значение которой зависит от штучного времени  $t_{шт}$  и эффективного фонда времени  $F_э$ , расчёт годовой программы выполняется по формуле

$$P_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт.}} \quad (4)$$

Согласно (4) были получены для базового варианта  $P_{\Gamma} = 2054/1,5 = 1369$  деталей за год, для проектного варианта  $P_{\Gamma} = 2054/0,6 = 3423$  деталей за год.

«С учётом реальной потребности производства предлагается для выполнения дальнейших экономических расчётов принимать  $P_{\Gamma}=1000$  деталей в год.

С учётом годового эффективного фонда времени  $F_{\text{э}} = 2054$  часов, годовой программы  $P_{\Gamma} = 1000$ , коэффициента выполнения нормы  $K_{\text{вн}} = 1,03$ , штучного времени  $t_{\text{шт}}$  количество оборудования рассчитывается как

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

По расчётам согласно (5) для базового варианта получаем для  $t_{\text{шт}} = 1,5$  часов,  $n_{\text{расч.}} = 1,5 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,81$ , при подстановке исходных данных в формулу (5) для проектного варианта получаем для  $t_{\text{шт}} = 0,6$  часов,  $n_{\text{расч.}} = 0,6 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,22$ » [10]. При построении технологического процесса принимаем количество технологического оборудования в базовом варианте и проектном варианте  $n=1$ . Расчётное и реальное количество оборудования связаны через коэффициент загрузки  $K_{\text{з}}$  следующим образом

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

По расчётам согласно (6) коэффициент загрузки оборудования для базового варианта равен  $K_{\text{з}} = 0,81/1 = 0,81$ , для проектного варианта коэффициент загрузки равен  $K_{\text{з}} = 0,22/1 = 0,22$ . Вычисленные таким образом значения коэффициента загрузки оборудования для рассматриваемых вариантов построения технологического процесса будут использованы для расчётного определения капитальных затрат. Снижение коэффициента загрузки оборудования в проектном варианте относительно базового варианта технологии объясняется повышением производительности труда, достигнутым за счёт внедрения предлагаемых технологических решений.

#### 4.4 Заводская себестоимость рассматриваемых вариантов технологии

При реализации рассматриваемых вариантов построения технологического процесса помимо электрической энергии и труда затрачиваются материалы, в качестве которых вступают сварочные и наплавочные материалы, стоимость которых рассчитывается с учетом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, который в настоящей выпускной квалификационной работе принимается равным  $K_{ТЗ} = 1,05$ , нормы расхода  $H_p$  и цены  $C_M$  материалов:

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

Согласно (7) для базового варианта построения технологии получаем  $M_{баз.} = 120 \cdot 2 \cdot 1,05 = 252$  руб. Для проектного варианта технологического процесса стоимость материалов будет  $M_{баз.} = 90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 56,70 + 141,75 = 198$  руб.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  является составной фонда заработной платы ФЗП, который, в свою очередь, входит в состав технологической себестоимости. Эта величина определяется для рассматриваемых вариантов построения технологии исходя из ранее определенных значений штучного времени  $t_{шт}$ , и тарифной ставки, которая для рассматриваемого производства составляет  $C_ч = 200$  рублей. Также при расчёте основной заработной платы следует учитывать коэффициент доплат, который в настоящей выпускной квалификационной работе принимается равным  $K_d = 1,88$ . Таким образом, для проектной и базовой технологии:

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

Для базового варианта построения технологии значение штучного времени составляет  $t_{шт} = 1,5$  часов, поэтому согласно (8) размер основной заработной платы  $Z_{осн} = 1,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 564$  рублей; для проектного варианта



построения технологии значение штучного времени составляет  $t_{шт} = 0,6$  часов, согласно (8) основная заработная плата  $Z_{осн.} = 0,6 \cdot 200 \cdot 1,88 = 226$  рублей.

Ещё одной составляющей фонда заработной платы ФЗП является дополнительная заработная плата  $Z_{доп}$ , для расчёта необходимо задаться коэффициентом дополнительных доплат, который применительно к рассматриваемой технологии составит  $K_{доп} = 0,12$ . Величина  $Z_{доп}$  пропорциональна основной заработной плате  $Z_{осн.}$ :

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

Для базового варианта построения технологического процесса величина основной заработной платы оставляет  $Z_{осн} = 564$  рублей, поэтому согласно (9)  $Z_{доп} = 564 \cdot 12/100 = 68$  рублей. Для проектного варианта построения технологического процесса величина основной заработной платы оставляет  $Z_{осн} = 226$  рублей, поэтому согласно (9) дополнительная заработная плата  $Z_{доп} = 226 \cdot 12/100 = 27$  рублей.

Фонд заработной платы ФЗП, являющийся составляющей технологической себестоимости, представляет собой сумму основной  $Z_{осн}$  и дополнительной  $Z_{доп}$  заработной платы. При выполнении операций согласно базового процесса размер ФЗП =  $564 + 68 = 632$  рублей. При выполнении операций согласно проектного технологического процесса размер ФЗП =  $226 + 27 = 253$  рублей.

Размер отчислений на социальные нужды  $O_{сн}$  пропорционален размеру фонда заработной платы ФЗП, для рассматриваемых условий принимается значение коэффициента отчислений на социальные нужды  $K_{сн} = 0,34$ , с учётом которого:

$$O_{сн} = ФЗП \cdot K_{сн}. \quad (10)$$

Для базового варианта технологии ранее рассчитано значение ФЗП = 632 рублей, поэтому согласно (10) отчисления на социальные нужды

$O_{\text{сн.}} = 632 \cdot 34 / 100 = 215$  рублей. Для проектного варианта технологии ранее получено  $\Phi\text{ЗП} = 253$  рублей, поэтому согласно (10) отчисления на социальные нужды  $O_{\text{сн.}} = 253 \cdot 34 / 100 = 86$  рублей.

Амортизационные отчисления  $A_{\text{об}}$  являются составляющими затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$  и рассчитываются с учётом нормы амортизации, которая принимается  $N_a = 21,5\%$ : эффективного фонда времени  $F_3$ , стоимости оборудования  $C_{\text{об}}$ , которое для базового варианта составляет  $C_{\text{об}} = 100000$  рублей, для проектного варианта  $C_{\text{об}} = 1000000$  рублей; машинного времени  $t_{\text{маш}}$ , которое для базового варианта составляет  $t_{\text{маш}} = 1,5$  часов, для проектного варианта  $t_{\text{маш}} = 0,6$  часов.

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (11)$$

Для базового варианта технологии согласно (10)  $A_{\text{об}} = 100000 \cdot 21,5 \cdot 1,5 / 2054 / 100 = 16$  рублей. Для проектного варианта технологии согласно (10)  $A_{\text{об}} = 1000000 \cdot 21,5 \cdot 0,6 / 2054 / 100 = 62$  рублей.

Ещё одной составляющей затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$  являются затраты на электрическую энергию  $P_{\text{э}}$ . Эти затраты рассчитываются с учётом цены электрической энергии  $C_{\text{э}}$ , которая для рассматриваемого варианта принимается  $C_{\text{э}} = 3,2$  руб/кВт·ч; коэффициента полезного действия КПД, машинного времени  $t_{\text{маш}}$  и установленной мощности оборудования  $M_{\text{уст}}$ .

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

Согласно (12) для базового варианта  $P_{\text{э}} = 12 \cdot 1,5 \cdot 3,2 / 0,7 = 82$  рублей. Согласно (12) для проектного варианта  $P_{\text{э}} = 70 \cdot 0,6 \cdot 3,2 / 0,85 = 158$  рублей.

Затраты на оборудование  $Z_{\text{об}}$  являются составляющей технологической себестоимости и определяются с учётом ранее рассчитанных  $A_{\text{об}}$  и  $P_{\text{э}}$ :

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э}}. \quad (13)$$

С учётом ранее определенных значений, при подстановке в (13) для базового варианта технологии  $Z_{об.} = 16 + 82 = 98$  рублей, для проектного варианта технологии  $Z_{об} = 62 + 158 = 220$  рублей.

Технологическая себестоимость  $C_{тех}$  является суммой фонда заработной платы (в базовом варианте  $\Phi ЗП = 632$  рублей, в проектном варианте  $\Phi ЗП = 253$  рублей), затрат на материалы (в базовом варианте  $M = 252$  рублей, в проектном варианте  $M = 198$  рублей) отчислений на социальные нужды (в базовом варианте  $O_{сс} = 215$  рублей, в проектном варианте  $O_{сс} = 86$  рублей), затрат на оборудование (в базовом варианте  $Z_{об} = 98$  рублей, в проектном варианте  $Z_{об} = 220$  рублей), затрат на площади (в базовом варианте  $Z_{пл} = 62$  рублей, в проектном варианте  $Z_{пл} = 17$  рублей). Таким образом:

$$C_{тех} = M + \Phi ЗП + O_{сс} + Z_{об} + Z_{пл} . \quad (14)$$

«По расчётам согласно (14) технологическая себестоимость для базового варианта  $C_{тех} = 252 + 632 + 215 + 98 + 62 = 1259$  рублей, для проектного варианта себестоимость составляет  $C_{тех} = 198 + 253 + 86 + 220 + 17 = 774$  рублей.

Расчёт цеховой себестоимости  $C_{цех}$  ведется с учётом основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента цеховых расходов  $K_{цех} = 1,5$ :

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

По расчётам согласно (15) цеховая себестоимость для базового варианта технологии  $C_{цех} = 1259 + 1,5 \cdot 564 = 1259 + 846 = 2105$  рублей, для проектного варианта  $C_{цех} = 774 + 1,5 \cdot 226 = 774 + 339 = 1113$  рублей» [10].

Расчёт заводской себестоимости  $C_{зав}$  ведется с учётом основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента заводских расходов  $K_{зав} = 1,15$ :

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

Согласно (16)  $C_{зав} = 2105 + 1,15 \cdot 564 = 2105 + 649 = 2754$  рублей для базовой технологии и  $C_{зав} = 1113 + 1,15 \cdot 226 = 1113 + 260 = 1373$  рублей для проектной технологии.

Рассчитанные выше составляющие заводской себестоимости сведены в таблицу 9, по которой может быть построена сравнительная диаграмма, представленная на рисунке 15.

Таблица 9 – Данные для расчёта заводской себестоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы»	М	252	198
2. Фонд заработной платы	ФЗП	632	253
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	215	86
4. Затраты на оборудование	Зоб	98	220
5. Затраты на площади	Зпл	62	17
6. Технологическая себестоимость	Стех	1259	774
7. Цеховые расходы	Рцех	846	339
8. Цеховая себестоимость	Сцех	2105	1113
9. Заводские расходы	Рзав	649	260
10. Заводская себестоимость» [10]	Сзав	2754	1373

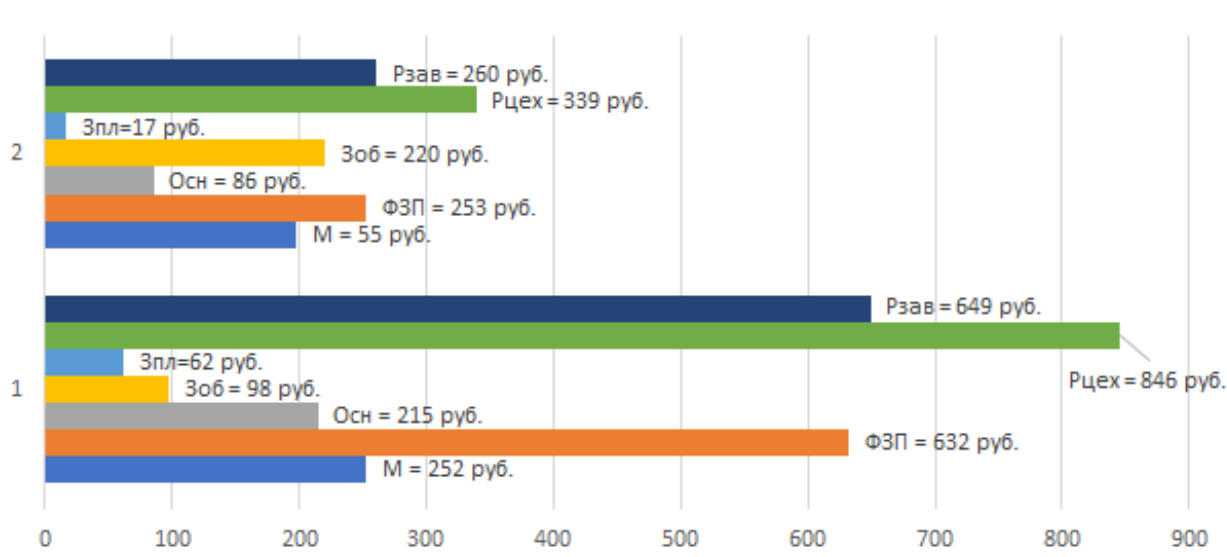


Рисунок 15 – Состав заводской себестоимости

На основании анализа структуры заводской себестоимости рассматриваемых вариантов технологии следует признать высокую эффективность предлагаемых решений.

## 4.5 Расчёт капитальных затрат

Остаточная себестоимость оборудования  $\Pi_{об.б.}$  определяется расчётным путем исходя из продолжительности эксплуатации, которая принимается  $T_c = 3$  года, и цены нового оборудования на рынке  $\Pi_{перв.}$ , которая принимается  $\Pi_{перв.} = 100000$  рублей. Расчеты ведем с учетом нормы амортизационных отчислений  $H_a = 21,5 \%$ . Таким образом, остаточная стоимость оборудования составляет:

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

Согласно (17)  $\Pi_{об.б.} = 100000 - (100000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 35500$  рублей.

Ранее для базового варианта был рассчитан коэффициент загрузки оборудования  $K_z = 0,81$ , с учётом которого для остаточной стоимости оборудования  $\Pi_{об.б.} = 35500$  рублей общие капитальные затраты составят:

$$K_{общ. б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{з.б.} = 3550 \cdot 0,81 = 28755 \text{ рублей.} \quad (18)$$

Для расчета размеров капитальных затрат  $K_{общ. пр.}$  по проектному варианту необходимо определить величину капитальных вложений в производственные площади  $K_{пл. пр.}$ , капитальных затрат на оборудование  $K_{об. пр.}$  и сопутствующих затрат  $K_{соп.}$ :

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

Согласно исходным данным для проектной технологии в настоящей выпускной квалификационной работе принимаем цену оборудования  $\Pi_{об. пр.} = 1000000$  рублей, коэффициент транспортно-заготовительных расходов  $K_{тз} = 1,05$  и коэффициент загрузки оборудования  $K_z = 0,22$ . Далее выполним расчёт капитальных затрат на оборудование  $K_{об. пр.}$ :

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

По результатам подстановки в (20) исходных данных размер капитальных затрат на оборудование при реализации проектной технологии составляет  $K_{об.пр} = 1000000 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 231000$  рублей.

Сопутствующие капитальные затраты  $K_{соп}$  рассчитываются с учётом расходов на монтаж нового оборудования  $P_{мон}$  и расходов на демонтаж оборудования, которое ранее было использовано при реализации базовой технологии  $P_{дем}$ . Расчёты ведутся по формуле

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

Для рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технологического процесса принимаем коэффициент расходов на демонтаж оборудования  $K_{дем} = 0,05$ . С учётом ранее заданной цены оборудования  $C_{об.б} = 100000$  рублей расходы на демонтаж  $P_{дем}$  составят:

$$P_{дем} = C_{об. б.} \cdot K_{д} = 10000 \cdot 0,05 = 5000 \text{ рублей}. \quad (22)$$

Величина расходов на монтаж оборудования оценивается по цене оборудования  $C_{об. пр.}$  с учётом значения коэффициента расходов на монтаж, который принимается  $K_{мон} = 0,05$ :

$$P_{монт} = C_{об. пр.} \cdot K_{м} = 1000000 \cdot 0,05 = 50000 \text{ рублей}. \quad (23)$$

Расчётное значение сопутствующих расходов  $K_{соп}$  согласно (21) составляет  $K_{соп} = 5000 + 50000 = 55000$  рублей.

Расчётное значение капитальных затрат по проектной технологии  $K_{общ. пр.}$  согласно (19) составляет  $K_{общ. пр.} = 231000 + 55000 = 286000$  рублей.

На основании рассчитанных ранее капитальных затрат по проектной технологии  $K_{общ. пр.} = 286000$  рублей и капитальных затрат по базовой технологии  $K_{общ. б.} = 28755$  рублей рассчитываем дополнительные капитальные затраты  $K_{доп}$ :

$$K_{доп} = K_{общ пр} - K_{общ б} = 286000 - 28755 = 257245 \text{ рублей}. \quad (24)$$

Удельные капитальные вложения  $K_{уд}$  рассчитываются как отношение величины капитальных вложений  $K_{общ}$  к годовой программе  $\Pi_T$  согласно формулы

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

Согласно (25) базовый вариант предполагает удельные капитальные вложения  $K_{уд} = 28755/1000 = 29$  руб./ед. Проектный вариант предполагает удельные капитальные вложения  $K_{уд} = 286000/1000 = 286$  руб./ед.

#### 4.6 Расчёт экономических показателей

Для обоснования эффективности предлагаемых в работе решений применяются объективные показатели, расчёт которых выполняется с использованием полученных ранее значений.

Первым объективным показателем является снижение трудоемкости  $\Delta t_{шт}$ , которое определяется исходя из штучного времени для проектного варианта  $t_{шт пр} = 0,6$  часов и штучного времени для базового варианта  $t_{шт б} = 1,5$  часов:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт б} - t_{шт пр}) \cdot 100 \% / t_{шт б} = (1,5 - 0,6) \cdot 100 \% / 1,5 = 60 \% . \quad (26)$$

Следующим объективным показателем эффективности проектной технологии является повышение производительности труда  $\Pi_T$ , рассчитываемая как

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

Следующим объективным показателем является снижение технологической себестоимости  $\Delta C_{тех}$ , которая рассчитывается для технологической себестоимости по базовой технологии  $C_{тех.б} = 1259$  рублей и себестоимости по проектной технологии  $C_{тех.пр.} = 774$  рублей:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} = (1259 - 774) \cdot 100\% / 1259 = 40\% \text{..} \quad (28)$$

Для расчёта условно-годовой экономии  $\mathcal{E}_{\text{уг}}$  применяются ранее определенное значение заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам  $C_{\text{зав.б.}} = 2754$  рублей и  $C_{\text{тех.пр.}} = 1373$  рублей. Расчёты ведутся по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\Gamma} = (2754 - 1373) \cdot 1000 = 1381000 \text{ рублей.} \quad (29)$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений  $T_{\text{ок}}$  рассчитывается для  $K_{\text{доп}} = 286000$  рублей и  $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 1381000$  рублей по формуле:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} = 286000 / 1381000 = 0,2 \text{ года.} \quad (30)$$

Для рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технологического процесса принимается значение коэффициента окупаемости затрат  $E_{\text{н}} = 0,33$ . С учётом дополнительных капитальных вложений  $K_{\text{доп}} = 286000$  рублей и условно-годовой экономии  $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 1381000$  рублей рассчитываем годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} = 1381000 - 0,33 \cdot 286000 = 1286620 \text{ рублей.} \quad (31)$$

На основании проведенных экономических расчётов продемонстрировано, что применение предлагаемых решений в построении технологических процессов обеспечивает получение условно-годовой экономии в размере 1,38 миллиона рублей. При этом за счёт модернизации производства трудоемкость снижается на 60 %, производительности труда повышается на 150 %. Технологическая себестоимость снижается на 40 %. Годовой экономический эффект оценивается в 1,28 миллиона рублей, что позволяет сделать вывод о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.



## Заключение

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности работ при ремонтной наплавке рабочих поверхностей деталей машин. В ходе работы над введением выполнен краткий анализ состояния вопроса, обоснована актуальность исследования и сформулирована цель выпускной квалификационной работы.

Базовая технология предусматривает восстановление с применением ручной дуговой наплавки, которая продолжает широко применяться для изготовления и восстановления металлических конструкций и деталей. Недостатками базовой технологии, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели, является малая производительность процесса наплавки с применением штучных электродов, недостаточная стабильность качества наплавленного металла и низкие эксплуатационные свойства вала после восстановления. Кроме того, ручная дуговая сварка и наплавка характеризуются вредными условиями труда сварщика, что в условиях современного производства становится критичным. При ручной дуговой наплавке происходит перегрев основного металла вала, что приводит к его короблению и укорочению, таким образом, применение количество восстановительных наплавов ограничено.

Выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации в сети ИНТЕРНЕТ с применением баз знаний «Диссеркэт» (база кандидатских и докторских диссертаций по различным наукам), «Киберденинка» (база научных статей по различным наукам), «Патонпаблишхаус» (база статей украинских исследователей-сварщиков), архивы журнала «Сварка и диагностика», архивы журнала «Сварочное производство», архивы журнала «Технология машиностроения», база знаний «Е-Лайблери». Для последующего экспертного анализа были выбраны такие способы восстановления, как ручная дуговая наплавка, наплавка под

флюсом, наплавка в защитных газах, наплавка порошковой проволокой, плазменная наплавка.

Для построения проектной технологии предлагается применить плазменную наплавку, эффективность которой будет повышена за счёт разработок российских исследователей-сварщиков. С применением современных достижений российской сварочной науки повышена эффективность выбранного способа восстановительной наплавки, что позволяет повысить конкурентоспособность и техническую независимость отечественного сварочного производства.

С использованием отечественного оборудования, материалов и разработанных в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений составлена проектная технология, предусматривающая формулировку перечня выполняемых технологических операций, назначение оптимальных параметров обработки, выбор технологического оборудования.

Выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, негативно влияющих на персонал и окружающую среду, предложены мера защиты от них.

На основании анализа результатов расчета изменяющихся экономических показателей сделан вывод о целесообразности внедрения предлагаемых решений в производство. Годовой экономический эффект составляет более одного миллиона рублей.

На основании вышеизложенного следует признать высокую эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических и организационных решений. Поставленная цель может считаться достигнутой.

Результаты работы предлагаются к внедрению на ремонтных предприятиях Российской Федерации.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Баев П. К. Нефтегазовые проблемы во внешней политике России // Всероссийский экономический журнал. 2013. № 5. С. 34-40.
2. Вертакова Ю. В., Плотников В. А. Перспективы импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности. // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 7-20.
3. Власов А. Ф., Макаренко Н. А., Куций А. М. Нагрев и плавление электродов с экзотермической смесью в покрытии // Автоматическая сварка. 2014. № 6. С. 151–154.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Дегтярев А. Н. Анализ современного состояния и развития промышленности и нефтедобычи в республике Башкортостан // Научные труды вольного экономического общества России. 2020. № 7. С. 432-444.
6. Жариков С. В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганск: СНУ, 2010. № 2. С. 102–105.
7. Иоффе И. С. Влияние титанотермитной смеси, входящей в электродное покрытие, на повышение производительности сварки // Сварочное производство. 1980. № 3. С. 26–28.
8. Клепач А. Н. Социальный инновационный поворот Российской экономики: планы и реальность // Научные труды Вольного экономического общества России. 2021. № 1. С. 17-23.
9. Крампит А. Г. Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технический научно-производственный журнал. № 7. 2016. С. 18-23.

10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Лебедев В. А., Лендел И. В., Яровицын А. В. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки // Автоматическая сварка. 2006. № 3. С. 25–30.
12. Ленчук Е. Б. Научно-технологическое развитие России в условиях санкционного давления // Экономическое возрождение России. 2022. № 3. С. 52-60.
13. Мазур А.А., Маковецкая О.К., Пустовойт С.В., Петрук В.С. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45–51.
14. Максимов С. Ю., Лендел И. В. Повышение эффективности наплавки путём применения импульсной подачи электродной проволоки // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Луганск: СНУ, 2016. № 2. С. 171–175.
15. Манукян М. М. Анализ основных причин возникновения технологических потерь нефти и особенности процесса управления инновациями в нефтегазовой отрасли // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2021. № 3. С. 54-60.
16. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. № 11. 2014. С. 16-23.
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. Неёлов Ю. В. Перспективы импортозамещения в Российской Федерации, // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 4-7.

20. Нестеров П. России необходимо возродить дело Патонов // Русский инженер. 2015. № 2. С. 26–29.

21. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.

22. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : ЭкоТехноЛопя, 2007. 192 с.

23. Рябцев И. А., Переплётчиков 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.