

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 ремонта гусеничных траков ДТ75

Обучающийся	<u>Р.Ф. Хабибрахманов</u> (И.О. Фамилия)	<u></u> (личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Э. Советкин</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

В настоящее время значительное количество технических систем, эксплуатируемых в российской промышленной среде, требует проведения замены элементов. К таким сложным техническим системам относится строительная техника, интенсивной эксплуатации которой в последние несколько лет значительно увеличилась. При дальнейшей изнашивающихся механизмов эксплуатации ситуация будет только усугубляться. На основании этого следует признать актуальность выбранного направления, в котором ведутся исследования в настоящей выпускной квалификационной работе. Структура работы включает введение, четыре раздела, заключение и библиографический список. Во введении представлен краткий анализ состояния вопроса выполнено и выполнено обоснование актуальности, сформулирована цель. В первом разделе представлена исходная информация по особенностям конструкции восстанавливаемой детали и условий эксплуатации, анализу материала и особенностям базовой технологии ремонта. Во втором разделе обоснован выбор способа восстановления, предложен модернизированный источник питания плазменной дуги. С использованием предлагаемых решений составлена проектная технология. 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. Дополнительные капитальные вложений составляют 0,3 млн. рублей при экономическом эффекте 2,2 млн. рублей. Полученные результаты предлагаются к внедрению на предприятиях, работающих в области восстановительной наплавки деталей.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние восстановительной наплавки гусеничных траков.	7
1.1 Описание детали, условия эксплуатации и возникающих дефектов.	7
1.2 Анализ материала рассматриваемой детали.	11
1.3 Особенности базовой технологии восстановительной наплавки.	13
1.4 Обзор содержания научно-исследовательских работ по тематике выпускной квалификационной работы.	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы. ...	19
2 Проектная технология ремонтной наплавки траков гусениц.	20
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной наплавки.	20
2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки.	25
2.3 Проектная технология восстановительной наплавки.	30
3 Безопасность труда и экологичность.	33
3.1 Постановка задачи на экологическое обоснование предлагаемых технических решений.	33
3.2 Профессиональные риски.	34
3.3 Устранение профессиональных рисков.	36
3.4 Пожарная безопасность предприятия.	37
3.5 Экологическая безопасность производственного участка.	39
4 Экономическая эффективность предлагаемых решений.	41
4.1 Вводные данные для экономического анализа.	41
4.2 Фонд времени работы оборудования.	43
4.3 Штучное время и годовая программа.	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости	46
4.5 Капитальные затраты.	53
4.6 Экономические показатели эффективности.	55

Заключение	59
Список используемой литературы и используемых источников.	61

Введение

Работа гусеничных траков проходит в тяжелейших условиях абразивного износа и действия значительных нагрузжений, как динамических, так статических и ударных. Продолжительность работы гусеничного трака составляет порядка 500 часов, что в несколько раз меньше, чем ресурс работы других деталей ходовой части [5]. Настоящие условия функционирования промышленных предприятий Российской Федерации характеризуются значительной интенсификацией использования имеющихся технических средств, что объясняется уменьшением количества квалифицированных работников по причине необходимости их привлечения для мероприятий другого назначения. Поэтому на одну единицу техники, которая управляется квалифицированным водителем, приходится больший объем работ. Кроме того, увеличивается и сам объем работ по причине необходимости постройки дорог, расчистки завалов. Также следует принимать во внимание, что приобретение новой техники затруднительно, а сталь для гусеничных траков для гражданских нужд поставляется в меньшем, чем в былые времена количестве. Поэтому необходимо повышать эффективность восстановления работоспособности имеющейся на предприятии техники и её элементов. Как показывает практика применения строительных машин, внедрение восстановительных технологий позволяет существенно повысить экономическую эффективность и получить экономию материалов. В настоящий момент в США порядка 25 % запасных частей получают с применением восстанавливающих технологий, в Германии и Японии порядка 40 % запасных частей обеспечивается за счёт применения восстанавливающих технологий. В тоже время, в Союзном Государстве объем восстановленных деталей не превышает 10 % фонда запасных частей [23]. Это позволяет судить о высоком экономическом потенциале, который ещё не использован и может быть раскрыт при внедрении технологий ремонта деталей машин на промышленных предприятиях России.

В значительной мере изношенные траки ранее подлежали переплавке, что предусматривало прохождение полного цикла: от выплавки заготовок до механической обработки с получением готовой детали. Следует учитывать, что переплавка деталей сопровождается выгоранием до 20 % металла, иными словами, происходит потеря до одной пятой их массы, что в условиях современного производства считается недопустимым и подлежит исправлению. Таким образом, восстановительная наплавка позволит не только получить экономию энергии и финансов, но и существенно сэкономит металл, который в современных условиях в основном используется для других нужд.

Кроме переплавки для восстановления гусеничных траков нашла широкое применение ручная дуговая наплавка, эффективность которой применительно к рассматриваемым деталям показана в работе [8]. При этом ресурс работы восстановленных деталей приближается к ресурсу работы новых деталей [19]. Для восстановительной наплавки гусеничных траков может применяться ограниченное количество наплавочных электродов, что объясняется применяемой для их изготовления стали. Такие стали, как сталь 45, 20Л, 35Л и 110Г13Л, относятся к ограниченно свариваемым, так как при нагревании в ходе сварки они подвержены охрупчиванию. Кроме того, при сварке и наплавке таких сталей не устранена проблема возникновения горячих трещин в наплавленном металле. Наибольшей эффективностью обладает восстановительная наплавка при ремонте гусеничных траков из стали 35, в процессе которой удаляют изношенный слой, далее на поверхность наплавливают новый слой. При этом наплавка рабочей поверхности траков выполняется электродами ОЗН-7М или ОЗН-6. Однако после наплавки до 50 % деталей имеют трещины в наплавленном металле. Кроме того, ручная дуговая наплавка характеризуется высокой трудоемкостью.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при восстановлении гусеничных траков.

1 Современное состояние восстановительной наплавки гусеничных траков

1.1 Описание детали, условия эксплуатации и возникающих дефектов

На рисунке 1 представлены звенья гусеницы (траки) ДТ-75. Звено гусеницы рассматриваемого трактора представляет собой цельнометаллическую конструкцию, в которой предусмотрено семь проушин. С одной стороны трака имеется четыре проушины, с другой стороны трака имеется три проушины. Для того, чтобы предотвратить смещение нижней и верхней ветви гусеницы при трогании трактора с места, в верхней части трака предусмотрено два выступа, которые проходят между ободами опорных катков. На проушинах трака с нижней стороны выполнены грунозацепы, обеспечивающие требуемое зацепление с почвой и предотвращающие боковое скольжение трактора при движении по обледенелому грунту.

В процессе эксплуатации происходит интенсивный износ траков гусеницы, при этом факторы, определяющие скорость износа, имеют условное разделение на три группы.



Рисунок 1 – Звено гусеницы ДТ-75

К первой группе относятся объективные (неуправляемые) факторы, ко второй группе относятся субъективные (управляемые) факторы, к третьей группе относят частично управляемые факторы. На скорость износа гусеничных траков существенное влияние оказывает характер почвы, на которой происходит работа техники. Ускорение износа наблюдается при сочетании истирающих нагрузок с ударным воздействием, также следует принимать во внимание влажность и состав грунта. Значительное влияние на износ оказывает квалификация оператора техники, от которой зависит правильность операций при управлении, также под специфику грунта рекомендуется выполнять выбор типа гусениц.

Наиболее распространенным и постоянно действующим является абразивное действие грунта, который в зависимости от состава его частиц определяет скорость износа. Наиболее интенсивный износ наблюдается при работе во влажном грунте, а также высоком содержании в нем песка и щебня. Средняя скорость износа наблюдается при работе в грунте малой влажности с незначительным содержанием в нем песка и щебня. Низкая скорость износа гусениц характерна для сухих грунтов, в которых минимальное содержание песка и щебня. Значительная влажность грунта становится причиной превращения его в шлифовальную субстанцию, которая с высокой скоростью изнашивает звенья гусениц трактора.

Правильность управления относится к субъективным факторам и в значительной мере определяет скорость износа траков. Передвижение трактора с высокой динамикой приводит к значительному ускорению деструктивных процессов в гусеницах, так как наблюдается рост нагрузок. Наиболее негативно на ресурс гусениц влияют резкие развороты трактора, также следует принимать во внимание, что при этом не только ускоряется износ траков, но и значительно повышается опасность схода гусеницы и её поломки. Поэтому при управлении трактором следует соблюдать плавность перемещений, особенно во время работы на неровной поверхности.

Значительная скорость передвижения приводит также к ударным воздействиям на гусеницы. Степень ударного воздействия на траки гусениц определяется также свойствами самого грунта. Высокий уровень ударных воздействий наблюдается при работе трактора на твердых и каменистых поверхностях, в которые затруднено проникновение грунтозацепов. Средний уровень ударных воздействий наблюдается при неравномерном проникновении грунтозацепов в почву, что может происходить при работе на поверхности с большим содержанием крупных камней. Низкий уровень ударного воздействия характерен для мягких почв, позволяющих глубоко проникать внутрь грунтозацепами и равномерно распределять нагрузку по площади гусеницы. По причине ударных воздействий на траке гусеницы наблюдается образование заусенцев и трещин, расширение отверстий под пальцы и увеличение монтажных зазоров.

Также на скорость износа элементов гусениц оказывает влияние температура эксплуатации. При работе в условиях повышенных температур скорость деструктивных процессов увеличивается. Также при работе в условиях отрицательных температур наблюдается усиление ударных воздействий по причине жесткости замерзшей почвы и застревании замерзших кусков почвы между зазорами гусеничного полотна.

На рисунке 2-а представлен волнообразный износ поверхности звена, который возникает по причине неравномерного воздействия по площади трака. Это объясняется тем, что различные участки трака работают в различных условиях, например, наибольшие нагрузки принимают на себя поверхности, в которых не происходит перекрытия созвенков, также центральная часть звена испытывает большие нагрузки, чем краевая. Скорость волнистого износа увеличивается при снижении натяжения гусеницы. Следует иметь в виду, что помимо опасности выхода их строя гусеницы, такой износ становится причиной вибрационных нагрузок на механизмы трактора, что вызывает их ускоренный износ. На рисунке 2-б представлен односторонний износ, который может возникать как с внешней, так и с внутренней стороны

трака, наблюдается в месте перехода от беговой дорожки трака к его боковой стороне. Причиной такого износа является соприкосновение траков с ребордой направляющего катка. Следует принимать во внимание взаимное влияние катка и гусеницы, например, при установке на новые катки изношенных гусениц скорость износа катков увеличивается. Тоже самое наблюдается при установке новых гусениц на старые катки. Таким образом, замену и ремонт элементов ходовой части следует проводить одновременно, а также постоянно поддерживать износ траков в допустимом диапазоне.

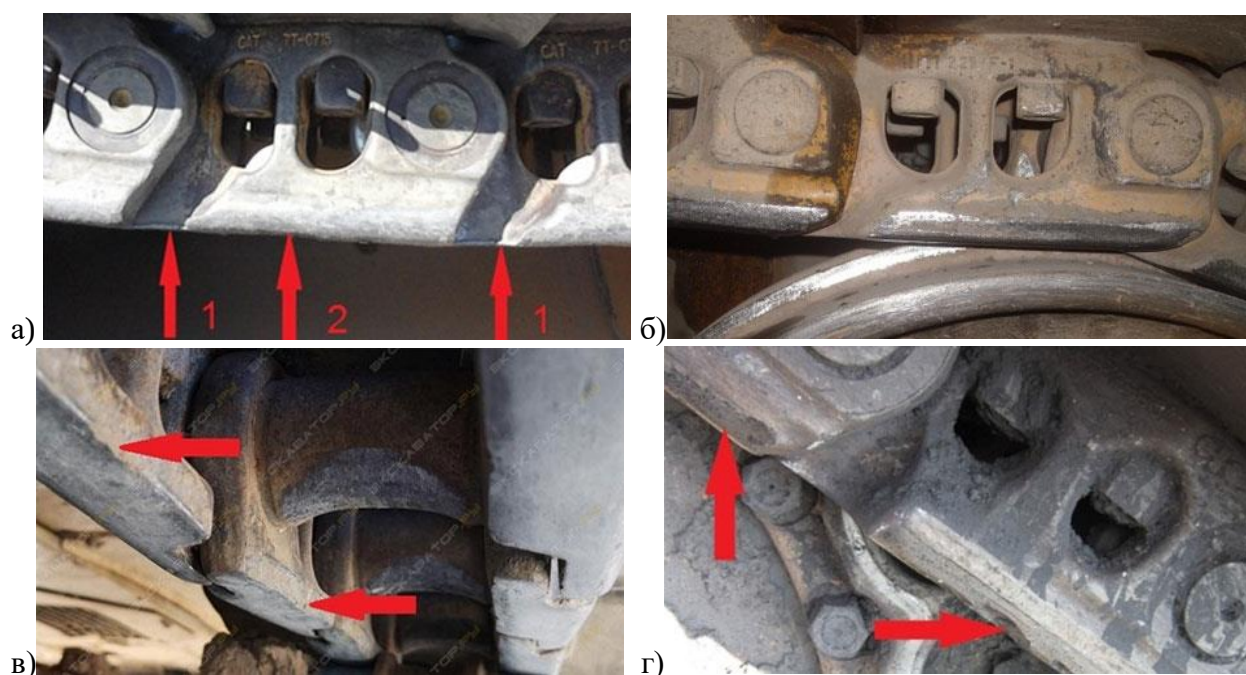


Рисунок 2 – Примеры повреждений при износе траков гусениц

На рисунке 2-в представлен пример выкрашивания с внутренней стороны трака, причиной которого становится нарушение соосности между ведущим колесом и цепью гусеницы. Такой дефект в значительной степени уменьшает ресурс трака и количество возможных циклов ремонта.

На рисунке 2-г представлен пример выкрашивания фрагмента беговой дорожки трака, причиной которого является удар беговой дорожки звена о беговую дорожку опорного катка. Если разрушение затронуло более 30 % длины звена, такой трак считается негодным и подлежит замене.

1.2 Анализ материала рассматриваемой детали

В настоящей выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы повышения эффективности наплавочных работ при восстановлении траков гусениц бульдозеров, которые изготовлены из стали 45Г. Такая «сталь характеризуется высокой износостойкостью при относительно малой стоимости, что позволяет широко применять её при изготовлении быстро расходуемых элементов строительной техники. Сталь нашла применение для изготовления деталей машин, подвергающимся значительным ударным и истирающим нагрузкам» [17]. В таблице 1 представлен химический состав стали 45Г.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 45Г

Углерод	Марганец	Кремний	Никель	Медь	Хром	Фосфор	Сера
0,42...0,5	0,7...1	0,17...0,37	0,3	0,3	0,3	до 0,035	до 0,035

Марганец повышает прочностные характеристики стали и её стойкость по отношению к коррозии. При этом ударная вязкость и относительное удлинение при повышении процентного содержания в стали марганца снижается.

Никель и хром является элементами, повышающими коррозионную стойкость стали и её прочностные характеристики. Медь повышает прочностные характеристики и коррозионную стойкость стали, но отрицательно влияет на свариваемость.

Кремний оказывает положительное влияние практически на все свойства стали, повышает прочностные характеристики, но при этом снижая стойкость против коррозии и относительное удлинение стали. На свариваемость и хладостойкость кремний оказывает противоречивое действие, до определенного процента содержания в стали кремния эти характеристики повышаются, далее – резко снижаются.

Рассматриваемая сталь относится к трудносвариваемым, при изготовлении и ремонте конструкций из стали 45Г могут применяться такие способы дуговой сварки, как ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварка порошковой проволокой и автоматическая сварка под флюсом. Кроме того, для восстановления деталей машин из стали 45Г с успехом применяются такие способы, как плазменная наплавка и намораживание металла.

Самой главной трудностью при сварке и наплавке стали 45Г является высокая опасность получения горячих трещин в наплавленном металле. Такие трещины могут появляться в результате снижения нагретым металлом способности воспринимать нагрузку, что характеризуется температурным интервалом хрупкости. При кристаллизации стали в ней возникают растягивающие напряжения, величина которых может превысить предел текучести нагретой стали, что становится причиной зарождения и развития трещины, которая визуально может быть определена по разветвленной форме и окислившемуся металлу по краям трещины.

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.

Еще одной трудностью являются холодные трещины в наплавленном металле и зоне термического влияния. Такие трещины могут образоваться через несколько часов и даже несколько дней после выполнения наплавки. Препятствовать возникновению холодных трещин может низкий отпуск после наплавки, в ходе которого происходит снятие остаточных напряжений и измельчение структуры металла сварного соединения.

1.3 Особенности базовой технологии восстановительной наплавки

Базовая технология предусматривает применение ручной дуговой наплавки, в которой для питания сварочной дуги применяется представленный на рисунке 3 выпрямитель ВД-301, оснащенный балластным реостатом РБ-400. Рабочее место для выполнения наплавочных работ ограждено светонепроницаемым металлическим экраном, предотвращающим разлет искр и действие излучения от сварочной дуги на других участников технологического процесса. Кроме того, экраны позволяют правильно организовать воздушные потоки, направляя их в зоны местной вытяжки, что обеспечивает необходимую чистоту воздуха в цеху.



Рисунок 3 – Сварочный выпрямитель ВД-301 и балластный реостат РБ-400

«Перед выполнением наплавки деталь предварительно нагревают до температуры 250...300 °С. Температуру нагрева, который ведут с применением газового пламени, контролируют при помощи контактной термопары. Нагрев газовым пламенем ведут по всей поверхности детали.

При наплавке применяют постоянный ток обратной полярности, наплавку ведут электродами производства концерна ESAB ОК 68.81 диаметром 3,2 мм. Напряжение на дуге составляет 23 В, ток наплавки устанавливают в диапазоне 60...80 А, наплавку ведут в нижнем положении короткой дугой, длина которой не превышает одного диаметра электрода. Короткая дуга применяется для того, чтобы уменьшить выгорание

легирующих элементов. Наплавку ведут узкими валиками, ширина которых не должна быть более 3 мм при перекрытии не менее 1/3 ширины валика. После того, как выполнен каждый наплавочный вали, необходимо выждать до остывания металла, что фиксируется по потемнению шлаковой корки, после этого шлаковую корку удаляют обстукиванием и зачисткой, контролируют качество наплавочного валика визуально и выполняют наплавку следующего валика» [23].

В процессе наплавки температура детали не должна опускаться ниже 250 °С, для контроля температуры применяют термические карандаши. Если температура детали опустилась ниже указанного значения, следует выполнить предварительный подогрев с применением газового пламени.

Наплавленную деталь следует сразу же после выполнения наплавки поместить в представленную на рисунке 4 электрическую печь СНО 3.6.2/10, которая должна быть предварительно разогрета до 600...700 °С. В течение 0,5 часа проводят отпуск детали.



Рисунок 4 – Электрическая печь для отпуска и закалки детали

«После того, как деталь остыла, проводят контроль качества, при котором проверяют наплавленный слой на предмет наличия непроваров и трещин, также проверяются выходящие на поверхность поры и раковины. Контроль ведут визуальный невооруженным взглядом и с применением лупы

с увеличением в 4 раза. Далее с применением твердомера проверяют твердость наплавленного слоя, которая должна быть в пределах 40...45 HRC» [23].

При положительных результатах проверки наплавленную деталь подвергают закалке, которую ведут с применением представленной на рисунке 4 печи СНО 3.6.2/10. Нагрев детали ведут до температуры 810...850 °С с последующим охлаждением в масле. После закалки выполняют низкий отпуск с нагревом до температуры 300...400 °С и выдержкой 0,5 часа.

Восстановительная наплавка с применением ручной дуговой наплавки характеризуется высокой универсальностью процесса и малыми капитальными вложениями. С применением имеющегося на предприятии оборудования и персонала необходимой квалификации может выполняться наплавка различных деталей, при этом для реализации технологии восстановления применительно к новой детали может потребоваться только отработка режимов и приобретение новых электродов.

Однако данный способ восстановления деталей имеет ряд недостатков, которые в условиях современного производства становятся критическими и заставляют вести поиск более перспективных способов для построения проектной технологии восстановления деталей машин. Главным недостатком является малая производительность ручной дуговой наплавки, которая особенно негативно сказывается в настоящих условиях, когда восстановление гусениц в массовом количестве происходит не только применительно к строительной технике. Кроме того, ручная дуговая наплавка характеризуется высокой стоимостью материалов, поэтому при значительных объемах следует применять способы с меньшими затратами. Также следует принять во внимание значительное количество дефектов, которые образуются при ручной дуговой наплавке, а само качество наплавленного металла существенно зависит от квалификации сварщика, которых в настоящее время катастрофически не хватает из-за кадрового голода, так как мужское население направляется на выполнение задач по устранению угроз, носящих экзистенциальный характер.

1.4 Обзор содержания научно-исследовательских работ по тематике 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. 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). Также в поиске применим материалы, полученные при подготовке отчетов по практикам и курсовым работам. Заключительный анализ будем проводить с использованием знаний, полученных на кафедре сварки в ходе обучения сварочным дисциплинам.

В первой работе [18] «предложены методики, позволяющие уменьшить опасность возникновения трещин при выполнении наплавки износостойким слоем из быстрорежущей стали 90Х4М4ВФ. Проведенные исследования позволили обосновать выбор способа наплавки и технику выполнения наплавки короткими участками.

Данная работа позволит обосновать выбор состава наплавленного металла и показывает эффективность применения для износостойкой наплавки быстрорежущих сталей» [18].

Во второй работе [20] «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» [20].

В третьей работе [13] «показана возможность управления геометрией сварного шва за счёт изменения параметров импульсной подачи сварочной проволоки. Сварка на токе 220 А при напряжении на дуге 26 В приводит к уменьшению глубины проплавления в два раза. Повышение частоты подачи проволоки с 10 Гц до 60 Гц приводит к увеличению глубины проплавления, которая изменяется от 1,5 до 2,4 мм. 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 при обосновании выбора способа наплавки при построении проектной технологии» [13].

В четвёртой работе [21] «доказана эффективность восстановительной плазменной наплавки, при которой применялся присадочный порошок ПГ-10Р6М5.

На основании изучения данной работы можно сделать вывод о возможности повышения эффективности плазменной наплавки с применением присадочного порошка. Эта работа будет использована для обоснования способа восстановительной наплавки» [21].

В пятой работе [22] «доказана высокая перспективность импульсно-дуговых процессов при построении технологии сварки и ремонта металлических конструкций различного назначения. Применение импульсного режима существенно снижает испарение электродного металла, что, повышает энергоэффективность процесса сварки за счёт повышения эффективного КПД сварочного процесса. Кроме того, существенно снижается потеря электродного материала на разбрызгивание и угар.

Результаты работы будут использованы для обоснования выбора способа сварки при возведении резервуара и для построения проектной технологии ремонтной сварки, если будет принято решение применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения» [22].

Таким образом, для восстановительной наплавки рассматриваемой детали могут быть применены следующие способы: ручная дуговая наплавка (для которой следует рассмотреть выбор наплавочных электродов, техники наплавки и применить импульсное управление), механизированная наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения (для повышения эффективности которой предлагается применить импульсную подачу проволоки или импульсное управление сварочной дугой), наплавка самозащитной порошковой проволокой (для которой следует подобрать состав шихты проволоки и обеспечить устранение недостатков, связанных с неравномерным нагревом проволоки по сечению), плазменная наплавка (для которой следует проработать вопрос выбора технологического оборудования и наплавочного материала).

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности наплавочных работ при восстановлении деталей машин на примере траков гусениц. Во введении проведен краткий анализ состояния вопроса, обоснована актуальность выбранного направления работы и сформулирована цель выпускной квалификационной работы. Первый раздел выпускной квалификационной работы является аналитическим и содержит анализ исходных данных и известных решений по рассматриваемому направлению. Достижение поставленной цели возможно при условии последовательного решения ряда задач, постановка которых должна быть выполнена по результатам аналитического раздела. Первая задача заключается в обосновании выбора способа, который будет использован для составления проектной технологии наплавки траков гусениц. При решении этой задачи предстоит провести критический анализ известных способов наплавки, их экспертную оценку по технологическим критериям и выбор оптимального способа. Вторая задача заключается в расширении технологических возможностей выбранного способа наплавки, для чего следует рассмотреть возможные варианты, представленные в научной и учебной литературе. Третья задача предусматривает построение проектного технологического процесса, в ходе решения которой предстоит составить перечень операций, назначить параметры режима и технические условия выполнения операций. При этом следует указать на тот факт, что поставка современных технологических компонентов в настоящее время в Российскую Федерацию не выполняется или осуществляется по усложненным логистическим цепочкам [10], [16]. Из-за чего необходимо предусмотреть применение технологических решений, основанных на достижениях российских исследователей-сварщиков, что позволит обеспечить суверенитет науки и промышленного производства. Далее следует выполнить экологическое [3], [7] и экономическое [11], [12] результатов работы.

2 Проектная технология ремонтной наплавки траков гусениц

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной наплавки

Ранее проведенный предварительный анализ состояния вопроса позволил выделить следующие способы ремонтной наплавки, которые «могут быть применены при построении проектной технологии. Первым способом является ручная дуговая наплавка, которая может быть выполнена с применением имеющегося на предприятии оборудования и привлечением сварщиков необходимой квалификации из штата предприятия. Вторым способом является наплавка в защитных газах проволокой сплошного сечения, которая может быть выполнена как с применением механизированных способов, так и в автоматическом режиме с применением роботов. Третьим способом является наплавка порошковой проволокой, которая в значительной мере распространена зарубежом благодаря широким возможностям по изменению состава наплавленного металла и высокой универсальности способа» [9]. Четвертым способом является плазменная наплавка, которая должна быть признана одним из самых перспективных способов, так как позволяет сочетать высокую производительность, эксплуатационные свойства наплавленного металла и широкие возможности по регулированию состава наплавленного металла.

Работы [2], [6], [9] позволяют сформулировать технологические критерии для экспертной оценки при выборе способа восстановления деталей машин. В работе [4] выполнена оценка различных способов наплавки с точки зрения производительности, доли основного металла в наплавленном слое и толщине наплавленного слоя. Ручная дуговая наплавка позволяет обеспечить производительность наплавки на уровне 0,8...3 кг в час. Наплавка в защитных газах позволяет получить производительность порядка 1,5...9 кг в час, что является самой большой производительностью по сравнению с другими рассматриваемыми способами. Например, плазменная наплавка позволяет

получить производительность 0,8...6 кг в час. Производительность же наплавки порошковой проволокой составляет 1...7 кг в час. Таким образом, видно, что ручная дуговая наплавка, которая применяется по базовой технологии, по производительности существенно уступает другим, более перспективным способам наплавки.

Доля основного металла в наплавленном слое для ручной дуговой наплавки составляет 20...50 %, что выше, чем при использовании других способов восстановительной наплавки. Наплавка в защитных газах не позволяет уменьшить долю основного металла, которая составляет 30...60 %, наплавка порошковой проволокой позволяет получить 15...40 %. В тоже время, применение плазменной наплавки характеризуется минимальной долей основного металла в наплавленном слое, которая составляет всего 5...15 %.

Применение плазменной наплавки позволяет получить более широкие возможности по регулированию толщины наплавленного слоя, которая составляет 0,3...6 мм. В тоже время, толщина наплавленного слоя в случае ручной дуговой наплавки составляет 2...5 мм, при наплавке в защитных газах – 3...5 мм и при наплавке порошковыми проволоками – 2,5...4 мм.

Схема выполнения ручной дуговой наплавки представлена на рисунке 5. Этот способ применяется преимущественно для восстановления слоя значительной толщины, к которому не предъявляются повышенные требования по прочности и долговечности. Основным преимуществом способа является высокая универсальность и малые капитальные вложения при его реализации, так как необходимое сварочное оборудование уже имеется на предприятии. Способ характеризуется высокой универсальностью и может быть применен при переходе на восстановление других деталей практически без изменения. Главным недостатком способа является его малая производительность. Также следует принимать во внимание, что в настоящее время наблюдается увеличение объемов восстановительных работ, а количество квалифицированных сварщиков снижается по объективным демографическим причинам.

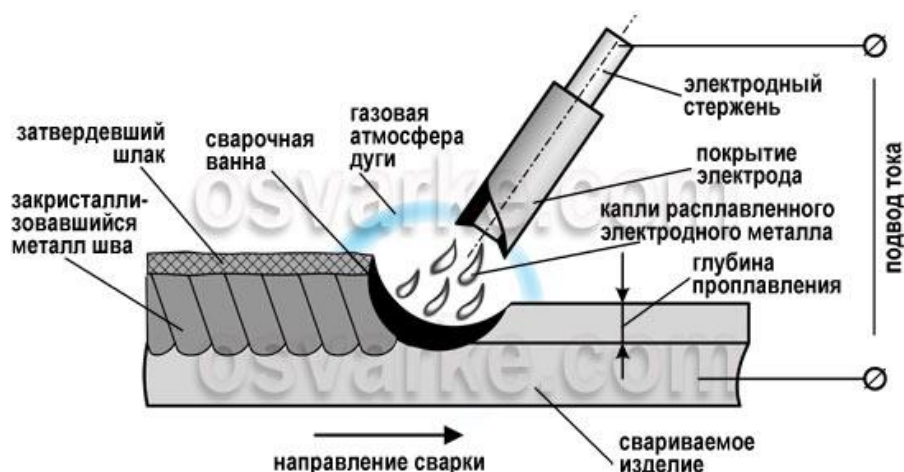
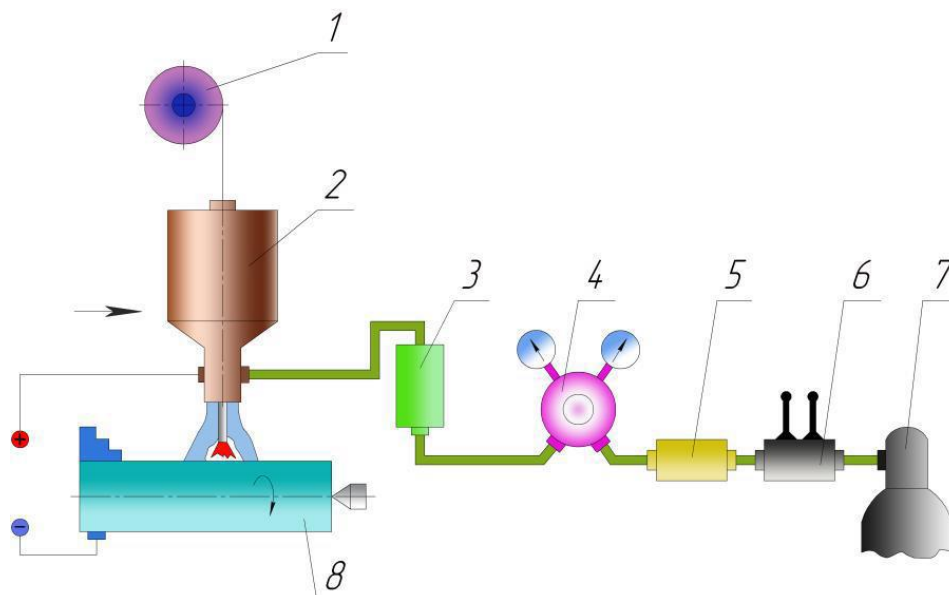


Рисунок 5 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки

На рисунке 6 представлена схема восстановительной наплавки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Этот способ имеет самые широкие возможности для замены ручной дуговой наплавки, так как позволяет сочетать высокую производительность работ и качество наплавленного слоя. Кроме того, оборудование для механизированной сварки и наплавки в защитных газах в Российской Федерации является вторым по распространенности после оборудования для ручной дуговой сварки и наплавки [14], [15].



1 – механизм подачи проволоки, 2 – наплавочная головка, 3 – расходомер, 4 – редуктор, 5 – осушитель, 6 – подогреватель, 7 – баллон с газом, 8 – деталь

Рисунок 6 – Схема выполнения наплавки в углекислом газе

По сравнению с ручной дуговой наплавкой применение наплавки в защитных газах позволяет не только повысить качество и производительность работ, но и существенно улучшить условия труда сварщика. Основной причиной повышения производительности является образование малого количества шлака при наплавке, которое не оказывает влияния на качество металла при многопроходной и многослойной наплавке. Также нет необходимости прерывать процесс на смену электрода. Расплавленный металл характеризуется низкой текучестью, что обеспечивает пространственную стабильность сварочной ванны и простоту формирования наплавленного валика. Недостатком 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.

На рисунке 7 представлена схема наплавки порошковой проволокой, которая по сравнению с наплавкой в защитных газах позволяет улучшить условия защиты сварочной ванны и расширить возможности по легированию наплавленного металла за счёт изменения состава порошкового наполнителя проволоки. Также следует указать на повышенную текучесть расплавленного металла, что упрощает формирование нижних слоев наплавленного металла. Кроме того, применение самозащитных проволок позволяет отказаться от использования газового оборудования, что повышает мобильность способа.

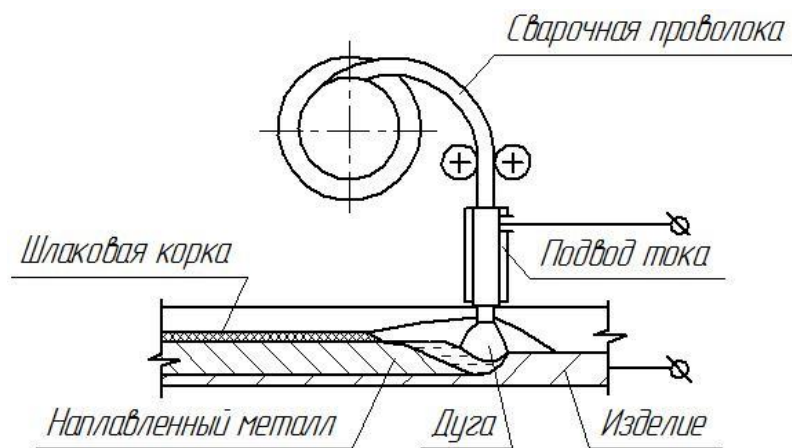
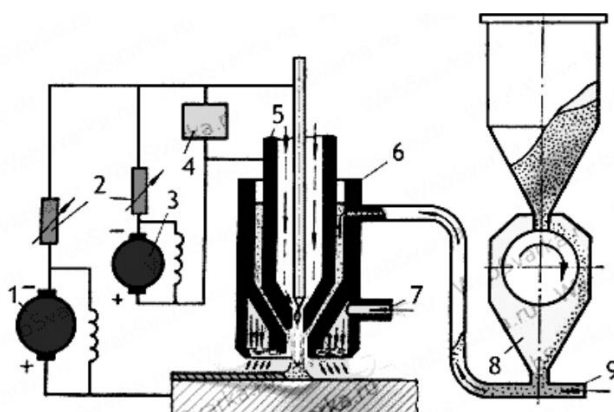


Рисунок 7 – Схема наплавки порошковой проволокой

В числе недостатков применения порошковой проволоки следует указать её повышенную мягкость, что снижает стабильность подачи при сварке и наплавке. Также высокая текучесть расплавленного металла повышает сложность выполнения вспомогательных операций. Неравномерное плавление проволоки по сечению становится причиной просыпания части флюса в сварочную ванну и повышенной пористости металла сварного шва.

На рисунке 8 представлена схема плазменной наплавки. Этот способ характеризуется самыми высокими эксплуатационными показателями по сравнению с другими рассматриваемыми в настоящей выпускной квалификационной работе способами. Также следует отметить, что применение порошковой 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.



- 1 – «источник питания дуги прямого действия; 2 – балластные сопротивления;
3 – источник питания дуги косвенного действия; 4 – осциллятор 5 – сопло для
плазмообразующего газа; 6 – корпус горелки; 7 – отверстие для ввода защитного газа;
8 – питатель для подачи порошка; 9 – трубка, по которой подается газ, несущий порошок»
[24]

Рисунок 8 – Схема плазменной наплавки

«Критериями для обоснования выбора способа наплавки выступают производительность процесса, условия труда сварщика, эксплуатационные показатели детали после наплавки, величина капитальных затрат при построении проектной технологии восстановительной 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» [9].

2.2 Повышение эффективности плазменной наплавки

На рисунке 9 представлен способ плазменной наплавки, в котором в качестве наплавочного материала используется две вводимые в сварочную ванну проволоки 1, к которым посредством токоподводов подводится ток от независимого источника питания 2, подача проволок в сварочную ванну выполняется механизмами подачи 7. Независимый источник питания 2 позволяет выполнить предварительный подогрев проволок, что упрощает их расплавление и существенно повышает производительность наплавки. Для питания сжатой дуги используется мощный источник постоянного тока 4. Плазматрон снабжен дополнительным защитным соплом 3 для подачи защитного газа ЗГ, что позволяет улучшить защиту сварочной ванны при наплавке. Такой способ позволяет вести наплавку деталей 5 с высокой производительностью, достигающей 30 килограммов в час. Подача плазмообразующего газа ПГ происходит через сопло, подача охлаждающей воды происходит через каналы В на плазматроне.

На рисунке 10 представлена схема комбинированной наплавки, позволяющей совместить преимущества наплавки проволокой сплошного сечения и плазменной наплавки. Производительность такого способа также достигает 30 килограммов наплавленного металла в час.

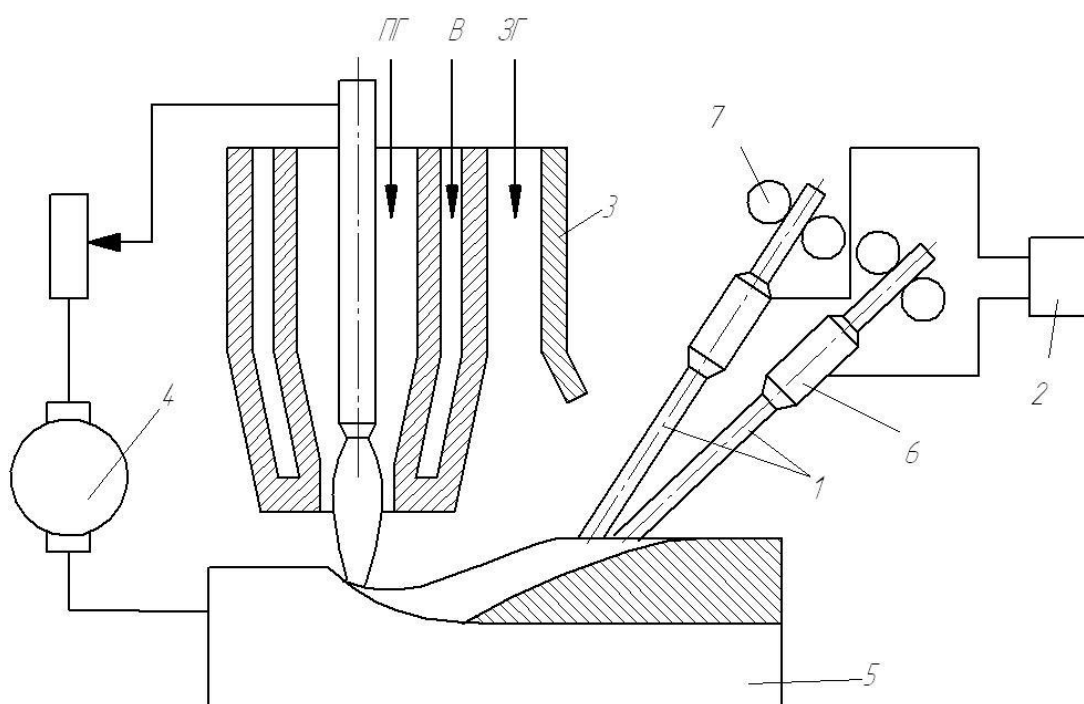


Рисунок 9 – Повышение производительности плазменной наплавки за счёт применения двух разогреваемых присадочных проволок

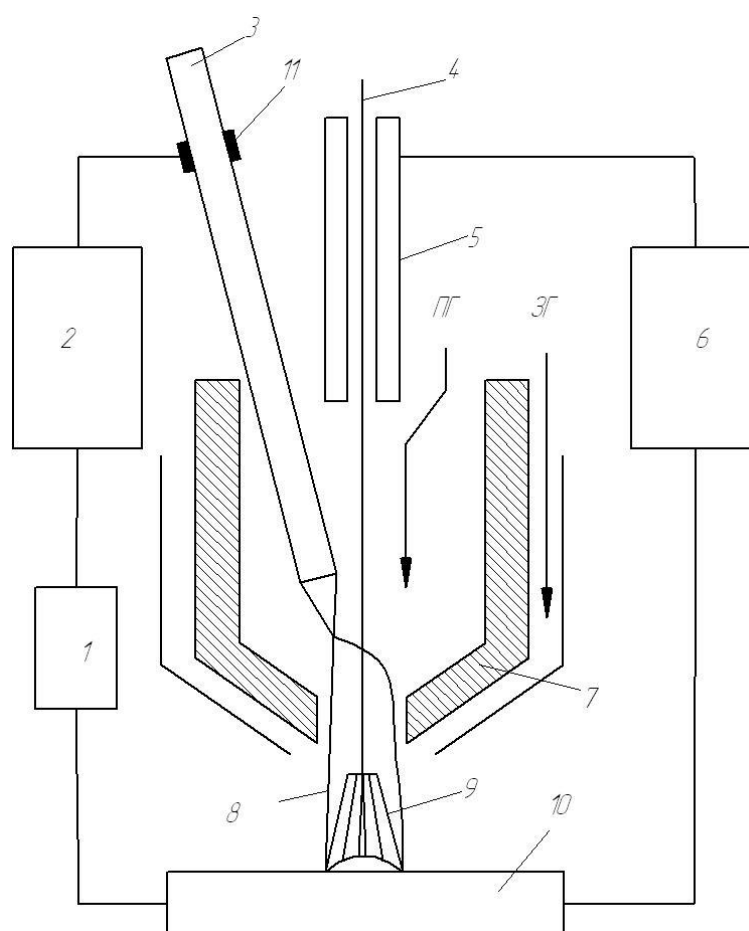


Рисунок 10 – Схема комбинированной плазменной наплавки

Питание сжатой дуги выполняют от источника 2, который имеет падающую внешнюю вольтамперную характеристику, последовательно с которым в схему включен осциллятор 1. На деталь 10 зажигается сжатая дуга 8, которая горит между неплавящимся электродом 3 и деталью 10. Подача плазмообразующего газа ПГ и защитного газа ЗГ выполняется через каналы плазматрона 7. Подача напряжения на неплавящийся электрод 3 от источника питания 2 происходит через держатель 11. В плазматрон 7 подается плавящаяся проволока 4, к которой через токоподвод 5 подается напряжение от источника питания 6, имеющего жесткую вольтамперную характеристику. Между плавящейся проволокой 4 и деталью 10 горит дуга 9. Такая схема плазменной наплавки позволяет обеспечить высокую производительность наплавки и регулирование параметрами наплавленного слоя в широких диапазонах.

На рисунке 11 представлена схема плазменной наплавки, предусматривающей применение двух независимых проволок 5, к которым через токоподводы 7 подается напряжение от источника питания 2, который обеспечивает предварительный разогрев присадочных проволок и подачу их в зону наплавки в близком к расплавлению состоянии. Подача проволок выполняется механизмами подачи 6. Между неплавящимся электродом 3 и деталью 8 горит дуга, сжимаемая плазматроном 4 и питаемая от источника 1. Тако способ позволяет в широких пределах регулировать высоту наплавленного слоя, которая составляет 3...8 мм, производительность способа наплавки, выполняемой по такой схеме, достигает 40 килограммов наплавленного металла в час.

На основании изучения литературных источников по вопросу расширения технологических возможностей плазменной наплавки предлагается применить разработанный российскими исследователями способ [1] с применением двух сжатых дуг, схема выполнения которого представлен на рисунке 11.

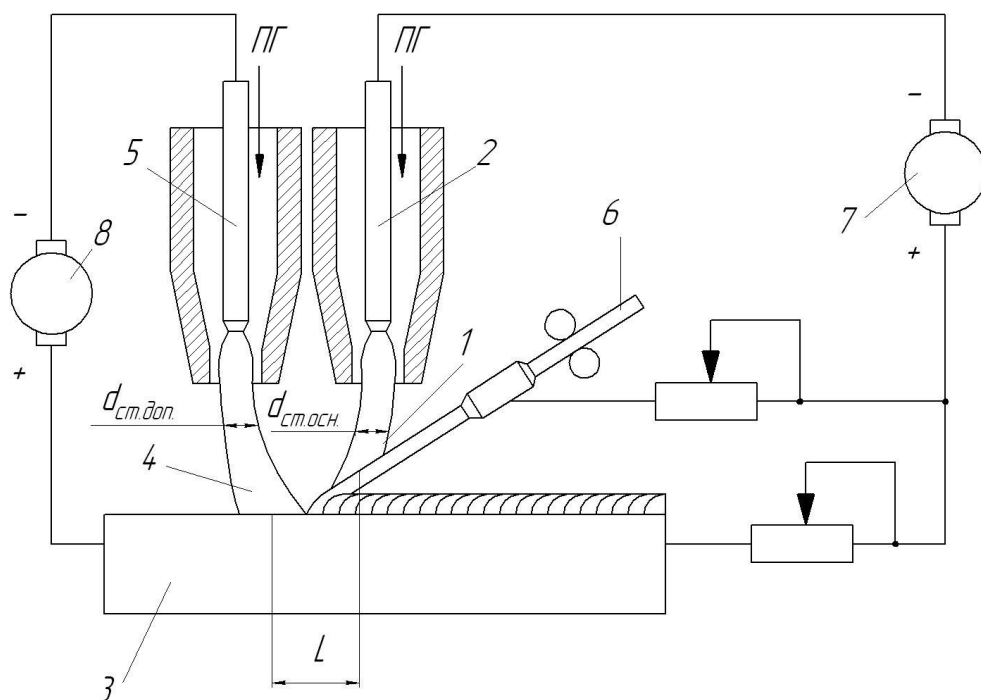


Рисунок 11 – Схема предлагаемого способа плазменной наплавки

Предлагаемый способ предполагает горение двух сжатых дуг, которые питаются от независимых источников 7 и 8. Между первым неплавящимся электродом 5 и деталью 3 горит дополнительная дуга 4, которая подогревает поверхность детали перед наплавкой. Между вторым неплавящимся электродом 2 и деталью 3 горит основная сжатая дуга 1, которая обеспечивает плавление присадочной проволоки и образование слоя наплавленного металла. Подачу присадочной проволоки 6 в зону горения основной сжатой дуги 1. Мощность дополнительной дуги относится к мощности основной дуги как 1,3...1,8 к 1, что позволяет в широком диапазоне регулировать параметры наплавленного слоя (высота наплавленного валика, глубина проплавления основного металла, доля основного металла в наплавленном слое). Расстояние L между дугами лежит в диапазоне $2...3,2 d_{ст.ср.}$. Для задания расстояния L между дугами следует определить среднее арифметическое $d_{ср.ст}$ диаметра столба основной дуги $d_{ст.осн.}$ и диаметра столба дополнительной дуги $d_{ст.доп.}$ по формуле

$$d_{ст.ср.} = \frac{d_{ст.осн.} + d_{ст.доп.}}{2}, \quad (1)$$

«Электромагнитное воздействие двух горящих вблизи друг друга дуг позволяет в широком диапазоне регулировать особенности теплового баланса при наплавке, перераспределяя тепло между основным металлом и наплавленным металлом. Уменьшение мощности $W_{\text{доп}}$ дополнительной дуги 4 приводит к её отклонению в сторону основной дуги 1, что вызывает уменьшение вложения тепла в основной металл и повышение нагрева присадочного металла. Повышение мощности $W_{\text{доп}}$ дополнительной дуги 4 приводит к её отклонению от основной дуги 1, увеличению вложения тепла в основной металл и снижению нагрева присадочного металла. В таблице представлены результаты исследований по изменению соотношения мощности основной дуги и мощности дополнительной дуги. Если мощность дополнительной дуги составляет менее 1,3 мощности основной дуги, наблюдается несплавление основного металла с наплаваемым слоем. При мощности дополнительной дуги более 1,8 от мощности основной дуги наблюдается излишнее проплавление основного металла, при этом производительность наплавки падает, а доля основного металла в наплавленном слое резко увеличивается» [21].

Таблица 2 – Влияние отношения мощностей $W_{\text{доп}}/W_{\text{осн}}$ на наплавку

«Ток основной дуги, А	Ток дополнительной дуги, А	$W_{\text{доп}}/W_{\text{осн}}$	Скорость наплавки, м/ч	Доля участия основного металла, %	Производительность наплавки, кг/ч
240	260	1,1	7	0...5	15...17
230	270	1,3	8	4...8	14...15
210	290	1,6	9	5...10	13...15
200	300	1,8	10	8...12	12...14
190	310	2,0	11	15...20	8...10» [21]

Предлагаемый способ плазменной наплавки позволяет повысить производительность, обеспечивая требуемые 12...15 килограмм наплавленного металла в час при высоком качестве работ и эксплуатационных характеристиках восстановленных деталей.

2.3 Проектная технология восстановительной наплавки

Проектная технология восстановления рабочей поверхности трака предусматривает выполнение таких операций: «очистка поверхности, предварительный подогрев, плазменная наплавка, высокий отпуск, предварительный контроль качества, термическая обработка, окончательный контроль качества» [17].

Подготовку поверхности под наплавку выполняют с применением дробеструйной очистки, для которой используют представленную на рисунке 12 мобильную дробеметную установку Метобласт-100 производства Беларусь (г. Минск). Применение такой установки позволяет повысить оперативность выполнения подготовительных работ, так как дробеметная установка может быть доставлена на новое место с применением любого транспортного средства. Кроме того, выполняется поддержка промышленности дружественного нам государства.



Рисунок 12 – Дробеметная установка Метобласт-100

Емкость бака для размещения в нем дроби составляет 100 литров, 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.

Для предварительного нагрева деталей предлагается применить электрическую печь СНО 3.6.2/10. Нагрев ведут до температуры 250...300 °С.

После предварительного нагрева детали выполняют восстановительную наплавку с применением описанной ранее схемы, предложенной российскими исследователями. Ток основной дуги принимают равным 220...230 А, ток дополнительной дуги принимают равным 260...270 А. 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 проволокой Св-Х12МФ, состав которой представлен в таблице 3. Применение такой проволоки обеспечивает получение наплавленного слоя с высокой стойкостью по отношению к абразивному и ударному износу.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в проволоке Св-Х12МФ

Fe	C	Cr	W	Mo	V	Co	Si	Mn	Ni	S	O
Осн.	1,5	12	-	0,5	0,3	-	-	0,4	0,4	0,03	0,03

После выполнения наплавки детали следует уложить в контейнер с порошком древесного угля и поместить контейнер в печь СНО 3.6.2/10, которая предварительно разогрета до 600...700 °С. В печи детали выдерживают в течение 0,5 часа, после чего детали охлаждают вместе с печью до температуры 300 °С, далее детали охлаждают на открытом воздухе.

После «остывания» детали проводят её предварительный контроль качества, при котором проверяют наплавленный слой на предмет наличия непроваров и трещин, также проверяются выходящие на поверхность поры и раковины. Контроль ведут визуальный невооруженным взглядом и с применением лупы с увеличением в 4 раза. Далее с применением твердомера проверяют твердость наплавленного слоя, которая должна быть в пределах 40...45 HRC» [17].

При положительных результатах проверки наплавленную деталь подвергают закалке, которую ведут с применением представленной на

рисунке 4 печи СНО 3.6.2/10. Нагрев детали ведут до температуры 810...850 °С с последующим охлаждением в масле. После закалки выполняют низкий отпуск с нагревом до температуры 300...400 °С и выдержкой 0,5 часа. Твёрдость наплавленного слоя после закалки и отпуска должна составлять порядка 65...70 HRC.

Выводы по второму разделу

Настоящая выпускная квалификационная посвящена решению вопросов, направленных на повышение эффективности восстановительной наплавки траков гусеничной техники. 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.

На основании изучения литературных источников по вопросу расширения технологических возможностей плазменной наплавки предлагается применить разработанный российскими исследователями способ с применением двух сжатых дуг, который позволяет повысить производительность, обеспечивая требуемые 12...15 килограмм наплавленного металла в час при высоком качестве работ и эксплуатационных характеристиках восстановленных деталей.

Составлена проектная технология восстановительной наплавки, назначены параметры режима, выбрано технологическое оборудование и сформулированы требования к выполняемым операциям.

Дальнейшие работы направлены на экологическое [3], [7] и экономическое [11], [12] обоснование предлагаемых решений, которые будут выполнены в оценочных разделах выпускной квалификационной работы

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 восстановления деталей машин на примере гусеничных траков. 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. Настоящий (третий) 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. Также в работе следует затронуть вопросы экологической безопасности производственных процессов. В таблице 4 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 4 – Особенности реализации проектного технологического процесса

Операция	Персонал	Оборудование	Материалы
1) «Дробеструйная очистка	Слесарь-сборщик	- дробемёт, - дробемётная камера	- дробь, - воздух сжатый
2) Предварительный подогрев	Контролёр по термообработке	- печь, - поддон	-
3) Плазменная наплавка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- установка плазменной наплавки, - пирометр, - фиксатор детали	- аргон, - вода, - наплавочная проволока
4) Высокий отпуск	Контролёр по термообработке	- печь, - поддон, - контейнер	порошок древесного угля
5) Контроль качества	Инженер - дефектоскопист	- лупа, - твердомер	-
6) Закалка» [17]	Контролёр по термообработке	- печь, - поддон, - контейнер, - твердомер	-

Данные таблицы 4 позволяют идентифицировать возникающие в процессе реализации проектной технологии негативные производственные факторы.

3.2 Профессиональные риски

При выполнении операций проектного технологического процесса наблюдается образование негативных производственных факторов, которые в зависимости от своего действия на персонал предприятия относятся к опасным или вредным. 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 действующие одновременно факторы усиливают друг друга. В таблице 5 представлена информация о возникающих в ходе реализации проектной технологии негативных производственных факторах.

Таблица 5 – Негативные производственные факторы проектной технологии

Операция	Негативный фактор
«Дробеструйная очистка	- «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» [7]
Предварительный подогрев	- «повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов» [7]
Плазменная наплавка	- «повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации» [7]
Высокий отпуск	- «повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов» [7]
Контроль качества	- «ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья» [7]
Закалка» [17]	- «повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов» [7]

Источниками негативных производственных факторов выступает оборудование для наплавки, вспомогательное оборудование и непосредственно сжатая дуга. При последующей работе над разделом следует выполнить поиск и оценку эффективности найденных 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

Ранее были выявлены негативные производственные факторы, сопровождающие реализацию технологии восстановительной наплавки траков гусениц. Для их нейтрализации предлагается применять технические средства и организационные мероприятия. В таблице 6 представлены предлагаемые средства по обеспечению производственной безопасности, реализация которых предусматривает применение стандартных средств и методик из арсенала современного промышленного предприятия.

Таблица 6 – Средства и мероприятия по обеспечению безопасности труда

«Негативный фактор	Техническое решение	Средства защиты
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	проведение инструктажа по технике безопасности; ролевые игры с работниками предприятия; 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	Применение индивидуальных средств 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» [7]

Приведенные в таблице 6 меры позволяют обеспечить эффективную нейтрализацию негативных производственных факторов, устраняя травматизм и уровень снижая профессиональных заболеваний. 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

Технологические процессы, реализующие сварку и наплавку, характеризуются повышенной опасностью возникновения пожаров. Проектная технология восстановительной наплавки траков гусениц предусматривает применение сжатой дуги, которая является источником повышенного нагрева, теплового излучения. Также следует принимать во внимание, что для источников питания требуется подведение электрического тока значительной мощности, поэтому нарушение в работе силовой аппаратуры предприятия также становится причиной возникновения пожаров. В таблице 7 выполнена идентификация 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 8 приведены средства, применение которых позволит обеспечить пожарную безопасность.

Таблица 7 – Идентификация опасных факторов при пожаре

Участок	Участок восстановительной наплавки траков гусениц
«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» [7]

Таблица 8 – 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	План эвакуации
Пожарный инструмент	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели» [7]

Пожарная безопасность производственного участка обеспечивается стандартными средствами и технологическими мероприятиями.

3.5 Экологическая безопасность производственного участка

Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает ряд действий, побочным последствием которых является загрязнение окружающей среды. В настоящее время современное предприятие должно обеспечивать минимальное антропогенное воздействие, так как мировая повестка предусматривает ужесточение экологических норм и ответственности производителя работ за сохранность природных ресурсов. 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 9.

Таблица 9 – Защита от антропогенных факторов

Наименование объекта	Производственный участок восстановительной наплавки траков гусеиц
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]

Следует выделить селективный сбор мусора, который не требует значительных капитальных вложений, но существенно снижает негативное действие на окружающую среду. Кроме того, повышается культура производства, и качество работ, возможно снижение затрат предприятия из-за возможности рециклинга промышленных отходов.

Выводы по экологическому разделу

При выполнении экологического раздела проведен анализ технического объекта – участка для восстановительной наплавки траков гусениц строительной техники. По результатам анализа особенностей операций проектного технологического процесса выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, оказывающих действие на персонал предприятия. Показано, что нейтрализация негативных производственных факторов обеспечивается применением стандартных технических средств и методик из арсенала современного промышленного предприятия. Поэтому защита работников не требует разработки специальных средств помимо предложенных в настоящем разделе стандартных решений. В работе рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности производственного участка, на основании оценки возникающих при пожаре рисков были предложены меры по обеспечению безопасности и средства по тушению пожара в случае его возникновения. Также были рассмотрены организационные мероприятия по предотвращению возникновения 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. На основании представленной в настоящем разделе информации следует сделать вывод о возможности реализации предлагаемой технологии на современном предприятии. Необходимый уровень защиты персонала от действия опасных и вредных производственных факторов может быть обеспечен применением стандартных средств и методик охраны труда. 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 восстановительной наплавки на примере траков гусениц строительной техники. В предыдущих разделах представлены исходные данные и предварительный анализ известных решений, выполнена постановка задач, на основании критического анализа известных решений обоснован выбор наиболее эффективного способа восстановления. Также описываются решения, позволяющие расширить технологические возможности выбранного способа за счёт разработок российских исследователей. Анализ возможности реализации предлагаемых решений с соблюдением современных требований по технике безопасности, проведения противопожарных мероприятий и обеспечения экологичности производственного участка выполнены в третьем разделе.

Настоящий раздел предназначен для обоснования целесообразности внедрения предлагаемых решений на предприятии, для чего необходимо провести сравнительный анализ экономических показателей вариантов. Количественные показатели (исходные данные), которые будут использованы в ходе выполнения экономических расчётов, представлены в таблице 10. Значения коэффициентов, необходимых для расчётного определения показателей технологии, представлены в таблице 11. 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 [12].

Таблица 10 – Количественные показатели для экономического анализа

Показатель	Обозначение	Единицы измерения	Значение (базовый вариант)	Значение (проектный вариант)
«Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	250 тыс.	900 тыс.
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	12	20
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,85	0,85
Площадь под оборудование	S	m^2	40	70
Разряд работников	P	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	Р/час	200	200
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
Цена производственных площадей» [12]	$C_{пл}$	P/m^2	30000	30000

Таблица 11 – Значения коэффициентов для проведения расчётов

Показатель	Обозн.	Единицы измерения	Значение
«Коэффициент доплат к осн. 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	$K_{мон}$	%	3
	$K_{дем}$		5
Норма амортизации площади	$N_{а.пл.}$	%	5
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5
Коэффициент эффективности капит. вложений	E_n	-	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15

В ходе внедрения в производство предлагаемых результатов по сравнению с базовым вариантом, происходит 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

В большинстве формул в качестве исходного значения применяется эффективный фонд времени работы оборудования $F_э$. 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 $F_э$ оказывает влияние принимаемое количество рабочих дней в году D_p . С учетом исходных данных следует принять $D_p=277$. Эффективный фонд времени работы оборудования измеряется в часах и зависит от продолжительности смены, которая для большинства дней составляет $T_{см}=8$ часов, а для предпраздничных дней (их составляет $D_{п}=7$ дней) продолжительность рабочей смены уменьшается на $T_{п}=1$ час.

Сначала выполним расчёт номинального фонда времени F_n

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

Эффективный фонд времени $F_э$ 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

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

Таким образом, расчёты проводим с величиной $F_э = 2054$ часов. Эта же величина «будет использована для расчётного определения экономических показателей при сопоставительном анализе рассматриваемых вариантов технологии» [12].

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 необходимо провести анализ особенностей выполнения операций в обоих рассматриваемых вариантах построения технологии, которые могут быть взяты из первого раздела (для базового варианта) и второго раздела (для проектного варианта). 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 $t_{маш}=0,4$ часов. Также в состав штучного времени включено вспомогательное время $t_{всп}$ в размере 10 % от $t_{маш}$. В случае реализации базовой технологии $t_{всп}=0,15$ часов, в случае реализации проектной технологии $t_{всп}=0,04$ 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 $t_{обсл}=0,07$ часов. В случае, если на производственном участке реализуется проектный вариант технологии, следует принимать $t_{обсл}=0,02$ 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 $t_{отд}=0,07$ часа. При реализации на производственном участке проектного варианта принимают $t_{отд}=0,02$ 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 $t_{пз}=0,004$ 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 $t_{шт}=1,82$ часов при базовом варианте. При проектном варианте последующие расчёты выполняем исходя из значения штучного времени $t_{шт}=0,49$ 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 $F_{э}$ и $t_{шт}$

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

Таким образом, для базового варианта $\Pi_{г}= 2054/1,82 = 1128$ элементов звена, для проектного варианта $\Pi_{г}=2054/0,49=668$ элементов звена. Для обеспечения действительной потребности производства необходимо значение годовой программы $\Pi_{г}=1000$ элементов звена, которое и принимаем для обоих вариантов технологического процесса.

Для задания количества применяемых на производственном участке единиц технологического оборудования необходимо определить его расчётное значение $n_{расч}$, для чего в качестве исходных данных служат ранее полученные значения годовой программы $\Pi_{г}$, эффективного фонда времени $F_{э}$ и штучного времени $t_{шт}$. Также в расчётах применяется коэффициент выполнения нормы $K_{вн}$, его значение выбирается из таблицы исходных данных:

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

Для базового варианта $n_{расч.} = 1,82 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,81$ Для проектного варианта $n_{расч.} = 0,49 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,22$. Таким образом, для

обоих рассматриваемых вариантов принимается количество оборудования $n=1$, поэтому определим коэффициент загрузки

$$K_3 = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

При реализации базового варианта технологического процесса коэффициент загрузки оборудования составляет $K_3=0,81/1=0,81$. При реализации проектного варианта коэффициент загрузки оборудования составляет $K_3=0,22/1=0,22$.

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, в которую помимо «цены Π_m входят нормы расхода H_p и коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого следует принимать из таблицы исходных данных принимается значение $K_{\text{тз}}=1,05$ » [12]:

$$M = \Pi_m \cdot H_p \cdot K_{\text{тз}}. \quad (7)$$

Для принятых в настоящей работе исходных данных реализация базового технологического процесса предусматривает затраты на материалы в размере $M=3000 \cdot 0,08 \cdot 1,05 = 252$ рублей. В проектном технологическом

процессе рассчитываемые затраты на материалы составляют $M=90 \cdot 0,6 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 56,70 + 41,75 = 198,45$ рублей.

Расходы предприятия на оплату труда характеризуются фондом заработной платы ФЗП, составе которого учитываются два слагаемых, размер которых расчётным путём определяется исходя из «штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки. Первое слагаемое - основная заработная плата $Z_{осн}$, второе слагаемое - дополнительная заработная плата $Z_{доп}$. Из таблицы исходных данных принимается значения коэффициентов доплат K_d и дополнительных доплат $K_{доп}$: $K_d=1,88$ и $K_{доп}=0,12$. Размер основной заработной платы $Z_{осн}$ используется» [12] 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 $Z_{осн}=1,82 \cdot 200 \cdot 1,88 = 684,32$ рублей. Реализация проектного процесса предусматривает размер основной заработной платы составит $Z_{осн}=0,49 \cdot 200 \cdot 1,88 = 184,24$ рублей. Уменьшение размеров заработной основной платы, которое наблюдается при внедрении проектной технологии не сказывается отрицательным образом на доходах работников, так как проектная технология позволяет значительно повысить производительность труда и уменьшить трудоемкость, в результате чего, за единицу времени с меньшими затратами удастся произвести больше продукции, что позволяет в пересчете на календарные дни доходы работников увеличить за счёт выполнения дополнительных работ и повышения экономических показателей производства.

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

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

Для базовой технологии основная заработная плата $Z_{\text{осн}}=684,32$ рублей, поэтому размер дополнительной заработной платы с учётом коэффициента $K_{\text{доп}}$ составляет $Z_{\text{доп}}=684,32 \cdot 12/100 = 82,12$ рублей. Для проектной технологии $Z_{\text{осн}}=184,24$ рублей, поэтому с учётом коэффициента $K_{\text{доп}}$ размер дополнительной заработной платы составляет $Z_{\text{доп}}=184,24 \cdot 12/100 = 22,11$ рублей.

Суммирование основной заработной платы и дополнительной заработной платы, если на рассматриваемом производственном участке реализуется базовый вариант $\Phi ЗП=684,32 + 82,12 = 766,44$ рублей. В случае, если на рассматриваемом производственном участке реализуется проектный вариант $\Phi ЗП=184,24 + 22,11 = 206,35$ 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 $O_{\text{сн}}=766,44 \cdot 34/100 = 260,59$ рублей. При реализации на рассматриваемом производственном участке проектной технологии получаем $O_{\text{сн}}=206,35 \cdot 34/100 = 70,16$ рублей.

Для того, чтобы вычислить величину амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ понадобится значение стоимости оборудования $\Pi_{\text{об}}$ из таблицы исходных данных. При реализации на производственном участке базового варианта $\Pi_{\text{об}}=250000$ рублей. При реализации на производственном участке проектного варианта $\Pi_{\text{об}}=900000$ рублей. Также в качестве исходных данных служит машинное время $t_{\text{маш}}$, которое для базового и проектного варианта принимается соответственно как $t_{\text{маш}}=1,82$ часов и $t_{\text{маш}}=0,49$ часа. Для обоих вариантов технологии принимается ранее рассчитанное значение эффективного фонда времени работы оборудования $F_3=2054$ часа. Значение

нормы амортизации H_a принимается из таблицы исходных данных $H_a=21,5\%$ 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 $A_{об}=250000 \cdot 21,5 \cdot 1,82 / 2054 / 100 = 14,37$ рублей, при реализации проектного технологического процесса с учётом исходных данных амортизационные отчисления $A_{об}=900000 \cdot 21,5 \cdot 0,49 / 2054 / 100 = 46,16$ рублей.

Ещё одной статьёй 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 $Ц_{эл}=3,4$ 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 $M_{уст}=40$ кВт, установленная мощность оборудования при реализации проектного процесса составляет $M_{уст}=70$ кВт. Таким образом, при использовании формулы

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

для базового варианта технологического процесса получаем стоимость электрической энергии $P_{э}=40 \cdot 1,82 \cdot 3,2 / 0,7 = 332,80$ рубля. При реализации проектного процесса расходы на электрическую энергию следует ожидать в размере $P_{э}=70 \cdot 0,49 \cdot 3,2 / 0,85 = 129,12$ рубля. Как видно из представленных расчётов, при реализации проектной технологии ожидается снижение расходов на электрическую энергию, это может быть объяснено тем, что применяемый модернизированный процесс имеет больший коэффициент полезного действия по сравнению с применяемым в базовом варианте.

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

$$З_{об} = А_{об} + Р_{эз}. \quad (13)$$

который при реализации базового технологического процесса принимаем значение $З_{об.} = 14,37 + 332,80 = 347,17$ рубля и при реализации проектного технологического процесса принимает значение $З_{об.} = 46,16 + 129,12 = 175,28$ рубля.

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

$$C_{тех} = М + ФЗП + Осс + З_{пл} + З_{об}. \quad (14)$$

«Реализация базовой технологии характеризуется технологической стоимостью $C_{тех} = 252 + 766 + 261 + 347 + 164 = 1790$ рубля. Реализация проектной технологии характеризуется технологической себестоимостью $C_{тех} = 198 + 206 + 70 + 175 + 76 = 725$ рубля» [12].

Для наглядного представления состава технологической себестоимости построены сравнительные диаграммы, представленные на рисунке 13.

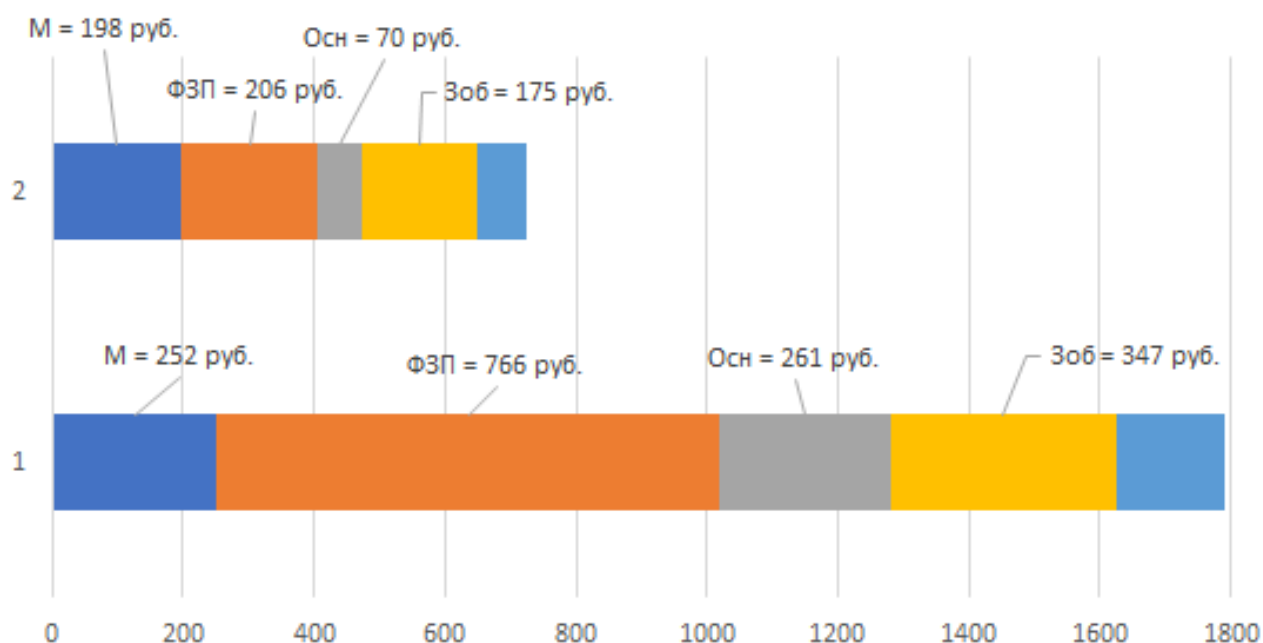


Рисунок 13 – Структура технологической себестоимости при реализации базового и проектного вариантов технологии

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» [12].

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» [12]

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

С учетом введенных данных для базового варианта получаем $C_{\text{цех}} = 1790 + 1,5 \cdot 684,32 = 1790 + 1026 = 2816$ рубля. В случае, если на производственном участке реализуется проектный вариант, размер цеховой себестоимости составит $C_{\text{цех}} = 725 + 1,5 \cdot 184,24 = 725 + 276 = 1001$ 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» [12] $C_{\text{зав}} = 2816 + 1,15 \cdot 684,32 =$

2816+787=3603 рубля. В случае реализации на производственном участке проектного процесса размер цеховой себестоимости составит $S_{\text{цех}} = 1001 + 1,15 \cdot 184,24 = 1001 + 212 = 1213$ рубля. Сравнительная оценка рассматриваемых вариантов технологии может быть выполнена с использованием сведенных в таблицу 12 данных по составляющим заводской себестоимости. Графическое представление состава заводской себестоимости по рассматриваемым вариантам, представленное на рисунке 14, позволяет выполнить сравнительный анализ каждой статьи расходов.

Таблица 12 – Расчёт заводской себестоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	252	198
2. Фонд заработной платы	ФЗП	766	206
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	261	70
4. Затраты на оборудование	Зоб	347	175
5. Затраты на площади	Зпл	164	76
6. Технологическая себестоимость	С _{тех}	1790	725
7. Цеховые расходы	Р _{цех}	1026	276
8. Цеховая себестоимость	С _{цех}	2816	1001
9. Заводские расходы	Р _{зав}	787	212
10. Заводская себестоимость» [13]	С _{зав}	3603	1213

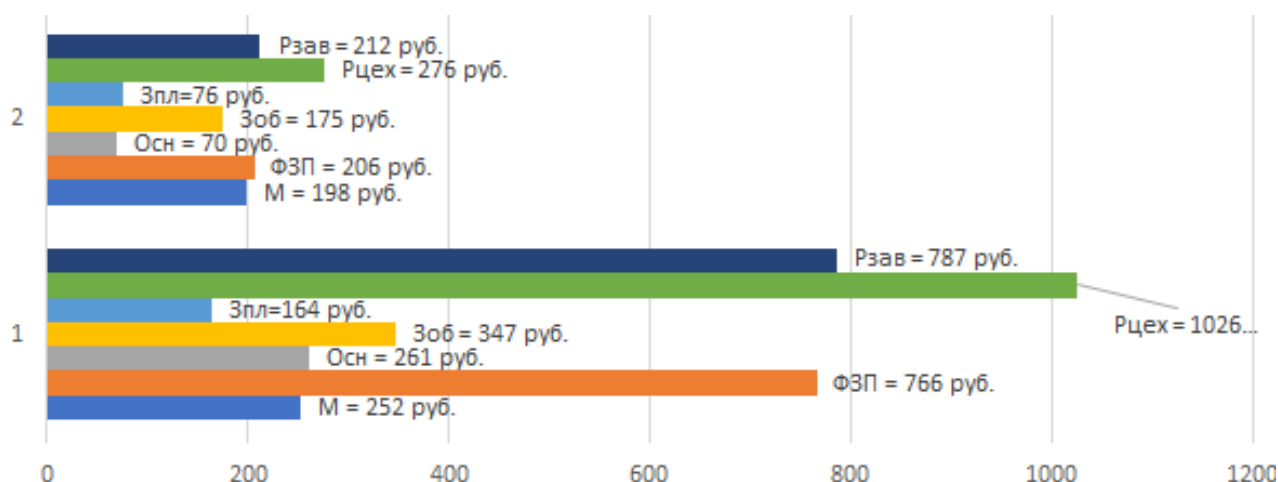


Рисунок 14 – Сравнительная диаграмма составляющих заводской себестоимости при реализации базового и проектного вариантов технологического процесса

«Таким образом, проведенный графический анализ позволяет заключить, что применение предлагаемых в настоящей работе нововведений изменяет состав технологической себестоимости. Значительное количество статей расходов в проектной технологии» [12] меньше, чем аналогичные статьи расходов в базовой технологии. Также следует отметить уменьшение размеров основной заработной платы, что положительно сказалось на размерах цеховых и заводских расходов, что, в конечном итоге, определило уменьшение заводской стоимости. Для окончательного расчёта показателей повышения экономической эффективности необходимо определиться со значением капитальных затрат, которые будут рассчитаны ниже.

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 $C_{перв}=250000$ рублей. С учётом нормы амортизации H_a стоимость оборудования по базовому варианту может быть вычислена как

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

«Таким образом, остаточная стоимость оборудования, которое ранее применялось на предприятии для реализации базового технологического процесса, составляет $C_{об.б.} = 250000 - (250000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 88750$ рублей.

Ранее для рассматриваемых вариантов технологии был выполнен расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z , который позволяет оценить капитальные затраты по базовому варианту» [12]

$$K_{общ. б.} = C_{об.б.} \cdot K_{z.б} = 1 \cdot 88750 \cdot 0,81 = 71888 \text{ рублей.} \quad (18)$$

В случае, если на производственном участке реализуется проектная технология, капитальные затраты на оборудование $K_{об.пр}$ вычисляются с использованием ранее определенного коэффициента загрузки оборудования $K_z=0,1$, принятого из таблицы исходных данных коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}=1,05$ и цены оборудования $Ц_{об.пр.}=900000$ рублей:

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

Получаем $K_{об.пр} = 900000 \cdot 1,05 \cdot 0,22 = 207900$ рублей.

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

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д} = 1 \cdot 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ рублей}. \quad (20)$$

При вычислении расходов $P_{мон}$ на монтаж оборудования, задействованного на производственном участке для реализации проектной технологии, необходимо учесть цену оборудования $Ц_{об.пр}$ и коэффициента расходов на монтаж K_m , его принимаем из таблицы исходных данных

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_m = 900000 \cdot 0,05 = 45000 \text{ рублей}. \quad (21)$$

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

$$K_{соп} = P_{дем} + P_{монт} = 12500 + 45000 = 57500. \quad (22)$$

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 $K_{соп}$

$$K_{общ. пр.} = K_{об. пр.} + K_{соп.} = 207900 + 57500 = 265400 \text{ рублей} \quad (23)$$

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

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} = 265400 - 71888 = 311888 \text{ рублей.} \quad (24)$$

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

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{г}}. \quad (25)$$

Если на производственном участке реализуется базовая технология, то размер удельных капитальных вложений определяется как $K_{\text{уд}} = 71888/1000 = 71,8$ рублей. Если на производственном участке реализуется проектная технология, то размер удельных капитальных вложений определяется как $K_{\text{уд}} = 265400/1000 = 265,4$ 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 $\Delta t_{\text{шт}}$, повышение производительности труда $\Pi_{\text{г}}$, снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, условно годовую экономию $\mathcal{E}_{\text{г}}$, срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ и годовой экономический эффект $\mathcal{E}_{\text{г}}$ » [13].

При определении снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ в качестве исходных данных следует принять ранее определенные значения штучного времени $t_{\text{шт}}$ в базовом и проектном вариантах. На основании проведенных ранее расчётов в качестве исходных данных принимается $t_{\text{шт б}} = 1,82$ часов и $t_{\text{шт пр}} = 0,49$ часа для

реализации на рассматриваемом производственном участке вариантов технологии

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт.б}} - t_{\text{шт.пр}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт.б}} = (1,82 - 0,49) \cdot 100 \% / 1,82 = 73 \%. \quad (26)$$

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

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) = (100 \cdot 73) / (100 - 73) = 270 \%. \quad (27)$$

Для оценки снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ 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 $C_{\text{тех.б}} = 1790$ рубля. В случае выполнения операций согласно проектного варианта технологии принимается $C_{\text{тех.пр}} = 725$ рубля

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б}} - C_{\text{тех.пр}}) \cdot 100 \% / C_{\text{тех.б}} = (1790 - 725) \cdot 100 \% / 1790 = 59 \% \quad (28)$$

Для оценки размеров условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$ следует в качестве исходных данных принять ранее определенную годовую программу $\Pi_T = 1000$. Условно-годовая экономия получается из разности заводских себестоимостей по рассматриваемым вариантам. В случае реализации на производственном участке базовой технологии принимается $C_{\text{зав.б}} = 3603$ рубля. В случае реализации на производственном участке проектной технологии принимается $C_{\text{зав.пр}} = 1213$ рубля

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б}} - C_{\text{зав.пр}}) \cdot \Pi_T = (3603 - 1213) \cdot 1000 = 2390000 \text{ рублей}. \quad (29)$$

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

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг} = 311888 / 2390000 = 0,13 \text{ года.} \quad (30)$$

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

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} = 2390000 - 0,33 \cdot 311888 = 2287077 \text{ рубля.} \quad (31)$$

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

В экономическом разделе обоснована эффективность внедрения в современное производство предлагаемых решений. За счёт применения более прогрессивных методов ожидается снижение трудоёмкости на величину $\Delta t_{шт} = 73 \%$ и повышение производительности труда на величину $P_T = 270 \%$. Повышение производительности труда позволяет в значительной степени уменьшить фонд заработной платы и коэффициент загрузки оборудования, что положительно сказывается на большинстве рассчитываемых показателей эффективности технологии. За счёт снижения расходов по ряду составляющих ожидается значительное уменьшение технологической себестоимости выполнения работ, которое составляет $\Delta C_{тех} = 59 \%$. Происходит уменьшение величины цеховых и заводских расходов, приводящее к снижению заводской себестоимости, условно-годовая экономия ожидается в размере $\mathcal{E}_{yt} = 2,39$ млн. рублей. Внедрение предлагаемых решений требует дополнительных капитальных вложений в размере $K_{доп} = 312$ тысяч рублей, срок окупаемости которых составляет 0,13 года. При реализации предлагаемых изменений годовой экономический эффект ожидается в размере $\mathcal{E}_T = 2,29$ 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 на других предприятиях, так как необходимость восстановления траков гусениц наблюдается на многих предприятиях. Многократное повышение производительности труда позволяет рассматриваемому предприятию расширить область своих работ, принимая новые заказы, в том числе и с государственным финансированием. Это позволит дополнительно улучшить социальное обеспечение трудящихся. Помимо этого следует учитывать и возможность применения предлагаемых решений для восстановления других деталей машин.

Заключение

Выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности предприятий Российской Федерации, выполняющих работы по поддержанию работоспособности гусеничной техники. Перед промышленностью нашей страны стоит задача повышения скорости проведения ремонтных работ по поддержанию состояния гусеничной техники, интенсивность износа которой в последние несколько лет повысилась, а многие элементы находятся в критическом состоянии. В ходе дальнейшей эксплуатации сложившаяся ситуация будет только усугубляться, что может заставить либо существенно снизить интенсивность наступательных действий, или перейти на вектор отрицательного развития. При анализе базовой технологии сформулированы недостатки, устранение которых обеспечивает достижение поставленной во введении цели. Главной причиной недостаточной эффективности базовой технологии является применение ручной дуговой сварки штучными электродами. В ходе 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 горящей дугой. Данное решение находится в общем мировом тренде, так как по оценкам зарубежных и отечественных аналитиков ручная дуговая сварка и наплавка повсеместно заменяется более перспективными способами. В ходе решения второй задачи предложено использовать модернизированный способ плазменной наплавки, использующий достижения российской науки в области управления сварочными процессами и переносом электродного металла. Такой комплекс

может быть собран на базе стандартного оборудования для плазменной наплавки и позволяет существенно расширить технологические возможности способа. Полученный результат может быть использован на целом ряде предприятий Российской Федерации. 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 может одинаково успешно быть реализована как в условиях единичного производства, так и в массовом производстве. Это 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. Применение на производственном участке предлагаемых решений позволяет повысить производительность труда на 270 % и снизить трудоемкость на 73 %. Такое повышение производительности труда обеспечивает предприятию возможность принимать заказы на выполнение восстановительных работ, поэтому на базе производственного участка предлагается сформировать региональный центр восстановления деталей машин. В рассматриваемых исходных условиях годовой экономический эффект составляет 2,29 млн. рублей. Однако экономический эффект будет мультиплицирован при внедрении предлагаемых решений для восстановления других деталей, а так же при комплексном внедрении на нескольких предприятиях. Поставленная цель считается достигнутой, а работа рекомендуется к магистерской диссертации.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1761402 СССР, МКИ В23К9/04. Способ плазменной наплавки / Стеклов О. И., Алексеев А. В. Смирнов В. И. – № 4787609/08, заяв. 01.02.90; опубл. 15.09.92, Бюл. № 34. 4 с.
2. Батищев А. Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран – членов СЭВ «Ремдеталь-88», 17–21 октября 1988 г., г. Пятигорск. М., 1988. Ч. 1. С. 23–24.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
4. Бессуднов И. А. Совершенствование технологий ремонта газотурбинных авиационных двигателей с использованием ресурсосберегающих технологий: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Рыбинск: Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева. 2014.
5. Бояркин А. М., Долгов Г. А. Новая технология восстановления звеньев гусениц // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1989. № 5. С. 53-54.
6. Васильев Н. Г., Галиев И. И., Васильева Т. Н. Выбор способа восстановления изношенных деталей // Сварочное производство. 1996. № 7. С. 13–15.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Гук В. А. Материалы и технология наплавки деталей машин, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания /\ Автоматическая сварка. 2000. № 8. С. 13-14.
9. Данилов П. А. Повышение эффективности восстановления работоспособности изношенных деталей на основе обоснованного выбора

технологических методов восстановления их эксплуатационных свойств : дис. ... канд. техн. наук. М. : Московский гос. техн. университет «СТАНКИН». 2010.

10. Крампит А. Г. Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного о Гладков Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке. М.: Издательский центр "Академия", 2006. 432 с. борудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технический научно-производственный журнал. № 7. 2016. С. 18-23.

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

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

13. 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.

14. Мазур А. А., Маковецкая О. К., Пустовойт С. В. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45-51.

15. Маковецкая О. К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных сварочных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54-61.

16. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. № 11. 2014. С. 16-23.

17. Молодык Н. В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин. М. : Машиностроение, 1989. 480 с.

18. Неверов В.В. Разработка технологии наплавки износостойких сплавов при изготовлении биметаллических изделий. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва: МАТИ. 2012.

19. Попов С. Н. Комплексный подход к повышению эффективности эксплуатации деталей машин дорожно-строительной техники // Технология ремонта машин, механизмов и оборудования. Алушта : АТМУ, 1999. С. 107-108.

20. 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.

21. 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.

22. Сидорец В. Н., Жерносеков А. М., Рымар С. В. Импульсно-дуговая сварка как основа современных технологий сварки плавящимся электродом // ВІСНИК Донбаської державної машинобудівної академії. 2016. № 2. С. 221–225.

23. Современные технологии в ремонтно-обслуживающем машиностроительном производстве агропромышленного комплекса : Материалы международной научно-практической конференции. Под. Ред. В. С. Ивашко, Л. М. Кожуро, А. В. Крутова. Минск: БАТУ, 2000. 188 с.

24. Chen Y.C. New development of plasma arc welding technology // Modern Welding. 2008. Vol. 8 P. 5–10.