

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 и оборудование ремонта элементов запорной
арматуры

Студент

В.С. Сырцев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления элементов запорной арматуры.

В результате анализа известных решений по рассматриваемому вопросу обоснован выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку.

В работе составлена проектная технология восстановительной наплавки и рассмотрены особенности выполнения операций.

Выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, действие которых сопровождает применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Также рассмотрены вопросы обеспечения экологической безопасности и проведения экологического мониторинга рассматриваемого технического объекта.

Производительность труда повышается на 150 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 48 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,75 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют восстановление элементов запорной арматуры.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние восстановления элементов запорной арматуры.	7
1.1 Конструкция и условия работы изделия.	7
1.2 Сведения о материале изделия.	9
1.3 Описание операций базового процесса восстановительной наплавки элементов запорной арматуры.	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	12
2 Построение проектной технологии восстановления элементов запорной арматуры.	14
2.1 Механизированная наплавка элементов запорной арматуры.	14
2.2 Применение наплавки порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения для восстановления элементов запорной арматуры.	17
2.3 Применение лазерной наплавки для восстановления элементов запорной арматуры.	20
2.4 Обоснование выбора способа восстановления элементов запорной арматуры.	24
2.5 Технология восстановительной плазменной наплавки.	27
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	30
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	30
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	31
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	33
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического	

объекта.	35
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	37
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной	
квалификационной работе решений.	39
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной	
технологиям.	39
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	41
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного	
и базового вариантов технологии	42
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций	
технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	44
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового	
вариантов технологии.	48
4.6 Показатели экономической эффективности	50
Заключение	52
Список используемой литературы и используемых источников.	54

Введение

При построении технологических промышленных и магистральных трубопроводов на предприятиях нефтехимии значительное распространение получили задвижки, от правильности работы которых зависит безопасность персонала. Также на промышленных трубопроводах от правильности работы задвижек зависит безопасность работы устьевого оборудования.

Длительная эксплуатация запорной арматуры обеспечивается высокой стойкостью её элементов по отношению к коррозии и истиранию. Для того, чтобы повысить эксплуатационные характеристики запорной арматуры, поверхность шибера и сёдел, которые подвергаются коррозионному и эрозионному воздействию, покрывают защитным слоем. Длительная эксплуатация запорной арматуры вызывает износ её элементов.

Соблюдение требования энергосбережения и ресурсосбережения делает необходимым повсеместное применение технологий реновации, которые позволяют применять восстановленные детали машин вместо вновь приобретаемых деталей машин. Восстановление детали требует меньших затрат энергии и металла, чем изготовление новой детали. Также при возможности восстановления изношенной детали и её повторного использования нет необходимости дожидаться поставок новых деталей или хранить запас деталей на складе.

Таким образом, следует признать приоритетным направлением развитие технологий наплавки и напыления при восстановлении деталей машин.

Кроме того, следует принимать во внимание, что современные технологии восстановления деталей машин позволяют не только восстановить рабочие размеры изношенной детали и её эксплуатационные свойства, но и существенно улучшить характеристики восстановленной детали по отношению к вновь приобретаемой детали.

Вышеизложенное позволяет говорить о смене парадигмы машиностроительного производства и общества в целом. Изношенные детали из пассива превращаются в ценный ресурс, который может стать источником дополнительной экономической поддержки производства. Стирается грань между вторичными и первичными ресурсами.

Применительно к запорной арматуре обеспечение её работоспособности и надёжности при длительной эксплуатации обеспечивается при условии проведения восстановительной наплавки, которую следует выполнять с применением современных достижений в области наплавки и напыления. При этом возможно многократное увеличение стойкости по отношению к эрозионному и коррозионному износу [9].

Вышеизложенное позволяет судить об актуальности выбранной темы выпускной квалификационной работы, которая может быть сформулирована как «Повышение эффективности восстановительной наплавки при ремонте элементов запорной арматуры нефтехимических предприятий».

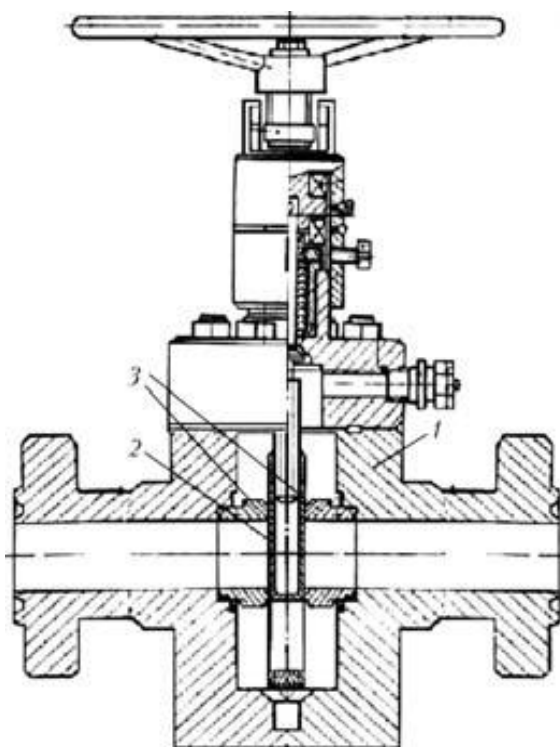
Достижение поставленной цели должно выполняться на основании изучения современных технологических решений, предложенных сварочному производству отечественными и зарубежными исследователями. С учётом настоящей специфики, характеризующей политическую и экономическую обстановку в России и за рубежом, предпочтение следует отдавать отечественным разработкам, внедрение которых в современное производство не потребует применения импортного оборудования и элементной базы [11], [14].

Таким образом, выпускная квалификационная работа направлена не только на повышение экономической эффективности отечественного производства, но и позволяет повысить защищённость Российской Федерации от возможных недружественных действий.

1 Современное состояние восстановления элементов запорной арматуры

1.1 Конструкция и условия работы изделия

На рисунке 1 представлена прямооточная задвижка, которая включает в себя стальной корпус (обозначен на рисунке позицией 1), запорный узел или шибер (обозначен на рисунке позицией 2), седла 3 (обозначены на рисунке позицией 3). К стальному корпусу задвижки предъявляются требования по прочности и точности изготовления [5]. Патрубки на оси корпуса имеют фланцы для присоединения к трубопроводу. Запорный узел (шибер) размещён в корпусе задвижки и может свободно перемещаться в вертикальном направлении. Движение шибера происходит между плотно прижатыми к нему седлами. Диаметр отверстий в нижней части шибера и седел соответствует диаметрам отверстий в патрубках.



1 – корпус с фланцами; 2 – шибер; 3 – седла

Рисунок 1 – Внешний вид и состав прямооточной задвижки

При нижнем положении шиберов происходит перекрытие потока. При перемещении шиберов задвижки вверх отверстия в шибере и седлах совмещаются, и задвижка переходит в открытое состояние. В этом случае передаваемая среда (нефть или газ) получает возможность свободного перетекания. Прямоточная задвижка имеет низкое гидравлическое сопротивление, коэффициент которого не превышает 0,2, что выгодно отличает их от клиновых задвижек, коэффициент гидравлического сопротивления которых составляет 2...5 [6].

Затворные узлы задвижек имеют уплотнение, которое работает по типу «металл-металл». Обеспечение герметичности такого узла обеспечивается подгонкой трущихся поверхностей. При этом высота неровностей при притирке должна составлять не более 0,2 мкм. Можно указать несколько причин износа трущихся частей задвижек. Первой причиной является действие твёрдых частиц породы, попадание которых возможно в передаваемую среду. Второй причиной является коррозия в результате контакта с агрессивными составляющими передаваемого продукта (углекислый газ и сероводород). Третьей причиной является воздействие на поверхность элементов задвижки турбулентного потока и возникающее при этом эрозионные разрушения.

При работе задвижки шибер длительное время находится в закрытом и открытом положении. Это приводит к отложению на его поверхности продуктов коррозии, «прикипанию» шиберов и потере работоспособности задвижки. Для того, чтобы обеспечить высокие эксплуатационные свойства задвижки, необходимо обеспечить высокую твёрдость и стойкость против эрозии и коррозии. Шиберы и седла задвижек выполнены из высокопрочных сталей, а на рабочие поверхности нанесено защитное покрытие. Длительная эксплуатация задвижки приводит к износу её элементов. Скорость и характер износа определяется такими факторами, как температура, физические свойства и состав транспортируемого продукта, периодичность циклов открывания.

1.2 Сведения о материале изделия

Элементы задвижки выполнены из стали 12Х1МФ, которая относится к низколегированным жаропрочным сталям. В таблице 1 представлено содержание химических элементов в стали 12Х1МФ [21], [22].

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 12Х1МФ

С	Si	Mn	Cr	Mo	V	S	P	Cu
0,08 - 0,15	0,17- 0,37	0,4 - 0,7	0,9 - 1,2	0,25 - 0,35	0,15 - 0,3	до 0,025	до 0,03	до 0,2

За счёт содержания в стали хрома обеспечивается её высокая жаростойкость, которая проявляется в сопротивлении процессу окисления при повышенных температурах. При температурах эксплуатации до 450 °С хром способен предотвращать графитизацию. Также хром предотвращает графитизацию при выполнении сварочных работ.

Совместное содержание в стали молибдена и хрома позволяет повысить длительную прочность и сопротивление ползучести. Также молибден при сварке стали образует упрочняющий интерметаллид Fe_2Mo .

Содержащийся в стали ванадий позволяет повысить её прочность за счёт образования карбидов. Кроме того, ванадий обеспечивает равномерное распределение интерметаллидов по объёму металла сварного шва.

При сварке стали 12Х1МФ приходится устранять сопровождающие трудности, к которым относят [22]: разупрочнение околошовной зоны, охрупчивание и образование холодных трещин.

Образование холодных трещин происходит по причине формирования при сварке неустойчивых структур. При этом опасными с точки зрения образования холодных трещин являются участки околошовной зоны, которые были нагреты до температуры выше 785 °С. Охрупчивание стали при сварке происходит по причине образования в ней закалочных структур: мартенсит, троостит и бейнит, что происходит при высокой скорости

охлаждения. Разупрочнение стали происходит в околошовной зоне в результате высокотемпературного отпуска и неполной перекристаллизации. Отрицательное действие разупрочнения проявляется при длительной работе в условиях повышенных температур.

1.3 Описание операций базового процесса восстановительной наплавки элементов запорной арматуры

Перед тем, как провести наплавку элементов арматуры, необходимо выполнить её демонтаж, который проводят с применением средств малой механизации. Далее демонтированную арматуру перемещают на восстановительный участок.

На восстановительном участке запорную арматуру разбирают, очищают и выполняют дефектацию элементов. При дефектации осматривают и измеряют рабочие поверхности, определяют наличие на них трещин и раковин.

Далее проводят подготовку поверхности элементов под наплавку. Зачищают поверхности и прилегающие участки на ширину не менее 10 мм. В процессе зачистки следует удалить заусенцы и загрязнения. Далее подготовленные под наплавку элементы передают на пост наплавки, который оснащён сварочным выпрямителем ВД-301 и балластным реостатом РБ. Для удаления сварочного аэрозоля применяется местная вытяжная вентиляция. Другие производственные участки ограждены от наплавочного участка светонепроницаемыми экранами.

Предварительный подогрев элементов запорной арматуры перед наплавкой проводят до температуры 150...300 °С. Нагрев ведут газовым пламенем. Температуру нагрева контролируют с применением контактной термопары.

После нагрева выполняют наплавку предварительного слоя, толщина которого составляет быть 2...3 мм. Наплавку ведут постоянным током

обратной полярности электродами ЦЛ-25 диаметром 3 мм, положение при наплавке – нижнее. Задают силу тока 60...80 А, напряжение на дуге 23...24 В.

После наплавки предварительного слоя с наплавленных поверхностей удаляют шлак и проводят механическую обработку наплавленной поверхности до гладкого состояния на станке 1К62Ф3С. Значения параметров режима резания определяются диаметром обрабатываемых деталей: при диаметре до 200 мм – следует устанавливать подачу 0,6...0,9 мм/об и скорость резания – 90...110 м/мин; при диаметре восстанавливаемого элемента запорной арматуры более 200 мм следует устанавливать подачу – 1,2...1,4 мм/об, скорость резания – 120...140 м/мин.

Далее выполняют наплавку рабочего слоя. Предварительный подогрев элементов запорной арматуры перед наплавкой проводят до температуры 150...300 °С. Нагрев ведут газовым пламенем. Температуру нагрева контролируют с применением контактной термопары.

Наплавку рабочего слоя ведут на постоянном токе обратной полярности электродами ЦН-6Л диаметром 3 мм. Задают силу тока 60...80 А, напряжение на дуге 23...24 В.

Для уменьшения выгорания легирующих элементов следует поддерживать минимальную длину дуги при наплавке, не превышающую диаметра электрода. Наплавляемый валик должен иметь ширину не более тройного диаметра электрода и перекрываться с предыдущим валиком не менее чем на одну треть от ширины.

Сразу же после наплавки проводят термическую обработку, температура нагрева составляет 640 °С, длительность выдержки составляет 1 час. Нагрев ведут в электрической печи СНО.

После остывания наплавленных элементов проводят визуально-измерительный контроль по всей площади наплавленной поверхности. На поверхности не допускаются трещины, шлаковые включения и выходящие на поверхность поры.

Далее проводят механическую обработку наплавленной поверхности до гладкого состояния на станке 1К62Ф3С. Значения параметров режима резания определяются диаметром обрабатываемых деталей: при диаметре до 200 мм – следует устанавливать подачу 0,6...0,9 мм/об и скорость резания – 90...110 м/мин; при диаметре восстанавливаемого элемента запорной арматуры более 200 мм следует устанавливать подачу – 1,2...1,4 мм/об, скорость резания – 120...140 м/мин.

Далее проводят капиллярный контроль и замер твердости наплавленного слоя с применением твердомера ТН-320. Твёрдость наплавленного слоя должна быть 30...45 HRC.

Капиллярный контроль проводят с применением набора ДМК-4. Наносят на контролируемую поверхность проникающую жидкость и выдерживают в течение 15...20 минут, промывают поверхность раствором кальцинированной соды. Далее наносят на поверхность проявляющую суспензию. В результате осмотра выявляются дефекты размером от 0,6 мм.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей работе преследуется цель – Повышение эффективности восстановительной наплавки при ремонте элементов запорной арматуры нефтехимических предприятий.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой наплавки. Несмотря на высокую технологическую гибкость процесса ручной дуговой наплавки и малую стоимость оборудования, применение этого способа при восстановлении элементов запорной арматуры теряет свою актуальность [3], [15], [16]. Во-первых, при ручной дуговой наплавке наблюдается самый высокий процент участия основного металла в наплавленном слое. Во-вторых, следует отметить низкую производительность и качество наплавки. В-третьих, ручная дуговая наплавка характеризуется тяжёлыми условиями труда.

Сформулированы задачи выпускной квалификационной работы:

- обоснование выбора способа наплавки элементов запорной арматуры, необходимо рассмотреть альтернативные способы наплавки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности;
- построение проектной технологии ремонтной наплавки элементов запорной арматуры, следует дать перечень технологических операций, сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование;
- анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда [1], [4].
- оценка экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели [12], [13].

2 Построение проектной технологии восстановления элементов запорной арматуры

2.1 Механизированная наплавка элементов запорной арматуры

В ходе эксперимента выполняли проверку эффективности различных способов восстановления элементов запорной арматуры.

Выполняли исследование образцов, для получения которых применялись следующие технологии:

- первый образец изготавливался целиком из стали 20Х13, на его торцевой поверхности выполнили термическое упрочнение вольфрамовым электродом;
- второй образец изготавливался целиком из стали 20Х13, проводили его объёмную закалку в печи;
- третий образец изготавливался целиком из стали 20, на его торцевую поверхность выполняли дуговую наплавку проволокой Св-20Х13 диаметром 2 мм.

В качестве образцов применялись стальные цилиндры диаметром 40 мм. Для измерения твёрдости применялся твердомер ТК-2, представленный на рисунке 2-а. Перед измерением твёрдости при помощи механической обработки снимали поверхностный слой. На первом и втором образцах поверхностный слой снимали на толщину 0,4 мм. На третьем образце (с наплавкой) снимали поверхностный слой на толщину 2...2,5 мм.

Выполняли макроисследования с применением бинокулярного микроскопа МБС-9, который представлен на рисунке 2-б.

Выполняли химический анализ наплавленных образцов (образец № 3) для проверки соответствия состава наплавленного металла стали 20Х13. Подготовку образцов для металлографических исследований выполняли в соответствии со стандартной методикой, которая представлена в работе [2].

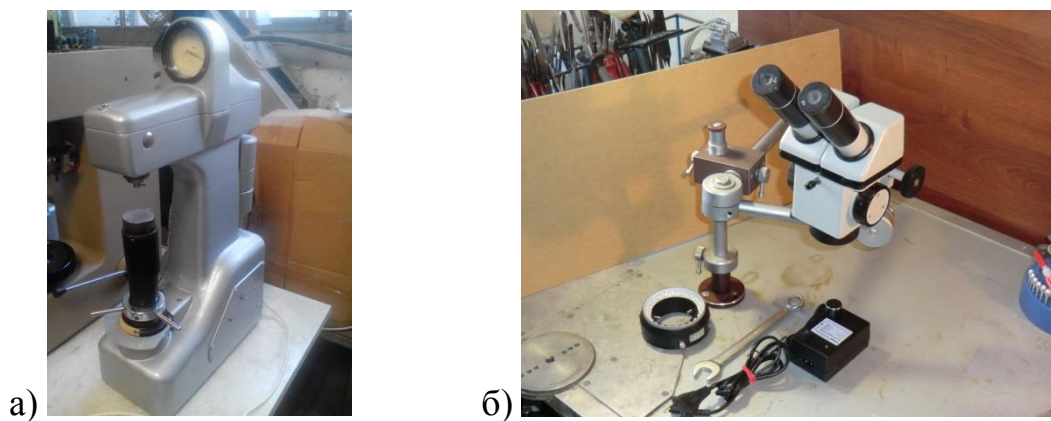


Рисунок 2 – Оборудование, применяемое для исследования образцов: твердомер ТК-2 (а) и микроскоп МБС-9 (б)

Для проведения микрографического исследования образцов применялся микроскоп МИМ-7 с увеличением 500 крат. Для выявления структуры проводилась обработка образцов соответствующими реактивами, состав которых и режимы обработки представлены в работе [2].

В ходе проведения визуального исследования установлено, что на поверхности образца № 1 (с поверхностной закалкой вольфрамовым электродом) и образца № 3 (с дуговой наплавкой проволокой Св-20Х13) обнаруживаются чередование темных и светлых участков в виде концентрических колец. На образце № 2 (объёмная закалка) такие участки отсутствовали.

В ходе макроисследования, выполненного при увеличении 100 крат, установлено, что присутствующие на поверхности образцов чередующиеся светлые и темные участки являются областью с зёрнами металла, которые имеют различную ориентацию. В результате травления эти участки приобретают различные оттенки. На все трёх образцах обнаруживаются неметаллические включения, которые имеют глобулярную форму.

В ходе микроисследования установлено, что «на всех трёх образцах присутствует мартенсит. При этом на образце № 1 (поверхностное упрочнение неплавящимся электродом) обнаруживаются: участки мартенсита с явно выраженными границами зёрен, участки мартенсита без видимых границ, участки мартенсита с мелким зерном и выделениями

карбидов по границам зерна. На образце № 3 (с дуговой наплавкой проволокой Св-20Х13) отмечается два типа структур: без явно выраженных границ и с явно выраженными границами зерен мартенсита. На образце № 2 (объёмная закалка) структура представляет из себя мартенсит с цепочками неметаллических включений» [20].

По результатам замера твёрдости установлено, что все образцы имеют твёрдость порядка 43...48 HRC. При этом твёрдость образцов № 1 (поверхностное упрочнение неплавящимся электродом) и № 2 объёмная закалка ниже в центре образца и выше ближе к его периферии. Твёрдость образца № 3 (с дуговой наплавкой проволокой Св-20Х13) распределяется равномерно и составляет 47...49 HRC.

На основании проведённых исследований был сделан ряд выводов.

Во-первых, обосновано проведение анализа и поиска оптимального способа восстановления запорной арматуры в каждом конкретном случае. Для этого предлагается использовать ряд технологических критериев, экспертная оценка по которым каждого рассматриваемого способа позволит обосновать выбор способа восстановления элементов арматуры.

Во-вторых, при анализе рассматриваемых технологий восстановления выполнено металлографическое исследование наплавленных образцов. В ходе этого исследования не выявлено никаких отличий, что не позволяет судить о металлографии как о самостоятельном инструменте при выборе способа восстановления элементов арматуры. Металлография может рассматриваться только в совокупности с другими средствами оценки качества.

В-третьих, для восстановления рабочих элементов запорной арматуры может быть применена дуговая наплавка легированными сталями, которая позволяет повысить эксплуатационные свойства деталей и уменьшить затраты на изготовление за счёт использования материала основы с меньшей стоимостью.

2.2 Применение наплавки порошковой проволокой и проволокой сплошного сечения для восстановления элементов запорной арматуры

Проводились исследования по проверке эффективности механизированной автоматической наплавки элементов запорной арматуры и поиска оптимального состава наплавочных материалов [7].

В качестве наплавочных материалов применялись проволоки согласно [8], которые позволяют получать наплавленный металл, соответствующий по химическому составу стали 2Х13, 13Х25Т и 11Х11Н2В2МФ.

Содержание химических элементов в проволоках сплошного сечения представлено в таблице 5. Также для наплавки была применена экспериментальная порошковая проволока ПП-2Х14М2Б, предложенная российскими исследователями [17]. Содержание веществ в экспериментальной проволоке приведено в таблице 6.

Для наплавки применялся автомат АДГ-502, представленный на рисунке 3-а. Наплавку выполняли на продольные и кольцевые образцы, которые были изготовлены из стали 20. В качестве защитного газа применялся чистый аргон.

Для испытания на износостойкость применяли стенд, представленный на рисунке 3-б. «В качестве образцов использовались металлические цилиндры диаметром 50 мм. Верхний образец совершал возвратно-поступательные движения по поверхности нижнего образца. Амплитуда движения составляла 10 мм, скорость перемещения составляла 0,005 м/с. Нагрузка на образец составляла 500 кгс/см². Исследовалась стойкость наплавленного металла против образования задиров, для чего применялся микроскоп МИС-11» [7], который представлен на рисунке 4. В качестве критерия стойкости была принята величина давления на трущиеся поверхности, при котором образуется минимальный задира.

Таблица 5 – Содержание химических элементов в проволоках сплошного сечения для наплавки элементов запорной арматуры [8]

Марка проволоки	Состав проволоки, %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Ti	проч.
Св-20Х13	0,16	0,6	0,6	13	0,15	-	-	-
Св-13Х25Т	0,15	0,8	0,8	24	0,2	-	0,4	-
Св-11Х11Н2В2МФ	0,13	0,5	0,65	12	1,5	1,8	-	Мо 0,5 V 0,2

Таблица 6 – Содержание порошковой проволоки ПП-2Х14М2Б для наплавки элементов запорной арматуры [17]

Наименование вещества	Содержание
Мрамор	4,8...6,0 %
Плавленый шпат	6,4...9,5 %
Рутит	11,9...14,3 %
Графит	0,7...1,2 %
Феррохром	47,6...52,4 %
Ферромолибден	7,1...9,5 %
Феррониобий	3,6...7,1 %
Железный порошок	Остальное

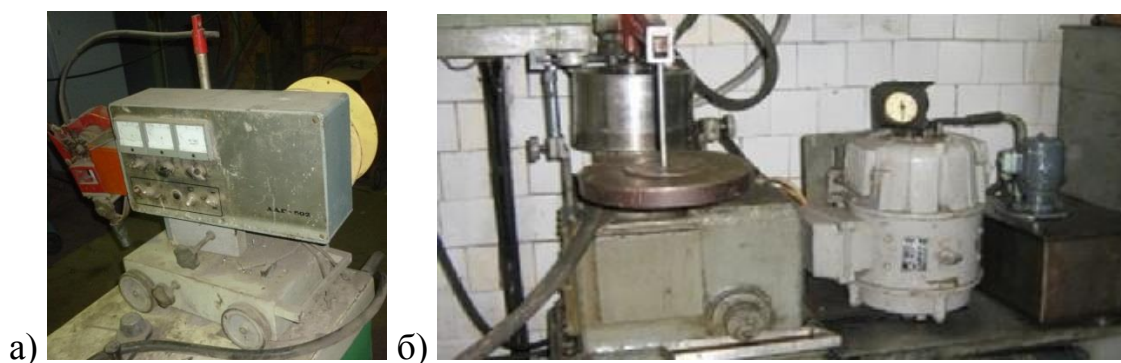


Рисунок 3 – Оборудование для проведения испытаний: автомат для сварки и наплавки в среде защитных газов АДГ-502 (а) и стенд для испытания на истирание (б)



Рисунок 4 – Микроскоп двойной МИС-11

Образцы, которые были наплавлены сталью 2Х13 при давлении 200 кгс/см² сформировали задир через 300...400 циклов. При давлении 500 кгс/см² на этих же образцах задир формируется через 10...15 циклов.

Образцы, которые были наплавлены сталью 13Х25Т не выдерживали нескольких циклов нагружения и формировали задиры уже при давлении 200 кгс/см².

Образцы, которые были наплавлены сталью 11Х11Н2В2МФ при давлении 200 кгс/см² сформировали задир через 400 циклов. При давлении 500 кгс/см² на этих же образцах задир формируется через 100 циклов.

При наплавке образцов порошковой проволокой ПП-2Х14М2Б испытания при давлении 500 кгс/см² вплоть до 600 циклов нагружения показали отсутствие задира. При испытаниях с усилием 600 кгс/см² задиры начинают образовываться после 300...400 циклов нагружения. При испытаниях с усилием 700 кгс/см² задиры начинают образовываться после 50...60 циклов нагружения.

Микроструктура наплавленного металла при применении проволоки ПП-2Х14М2Б представлена на рисунке 5. Наплавленный металл имеет мартенситную структуру.

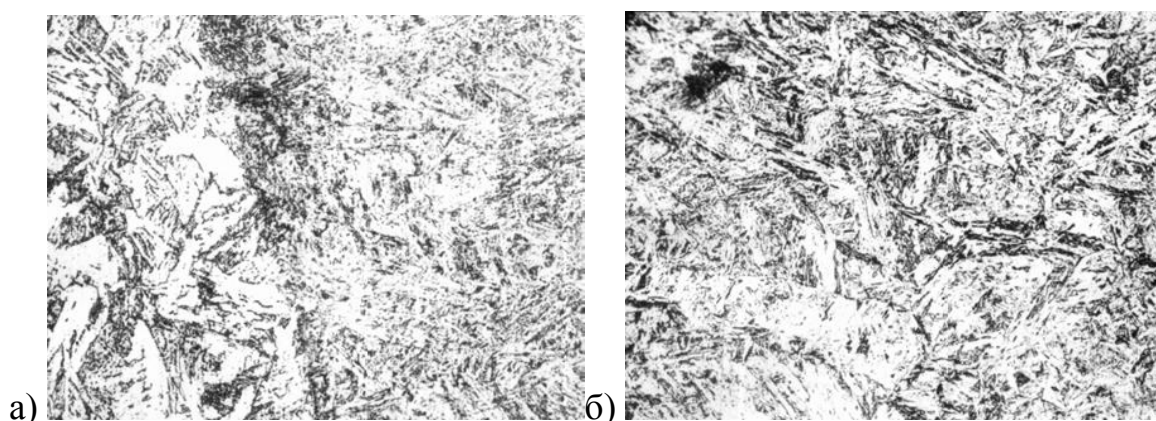


Рисунок 5 – Микроструктура наплавленного металла при применении проволоки ПП-2Х14М2Б (х200): металл сварного шва (а) и переходной зоны (б)

По результатам исследования можно заключить, что при применении в качестве наплавочного материала порошковой проволоки ПП-2Х14М2Б

стойкость наплавленного слоя против истирания и ресурс восстановленных элементов запорной арматуры по сравнению с ранее применяющейся проволокой 2Х13 может быть увеличена в 1,8...2,2 раза.

2.3 Применение лазерной наплавки для восстановления элементов запорной арматуры

Проводились исследования по проверке эффективности лазерной наплавки элементов запорной арматуры и поиска оптимального состава наплавочных материалов [23].

В качестве объекта исследования взята уплотняющая поверхность тарелок клиновых задвижек, пример которой представлен на рисунке 6.

Для выполнения лазерной наплавки в качестве наплавочного порошка предложено использовать порошок на основе кобальта CoCrWNi.

Наплавку выполняли с использованием роботизированной установки Liser Line, которая представлена на рисунке 7. Аппаратура управления и питания комплекса роботизированной плазменной наплавки представлена на рисунке 8. Применяемый комплекс роботизированной лазерной наплавки имеет расширенные технологические возможности и позволяет получать покрытия с различными свойствами и составами. Позиционирование лазерной головки выполняется с точностью 1 мм.

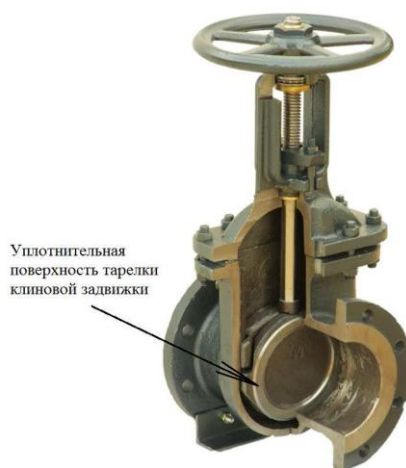


Рисунок 6 – Уплотнительная поверхность тарелки клиновой задвижки

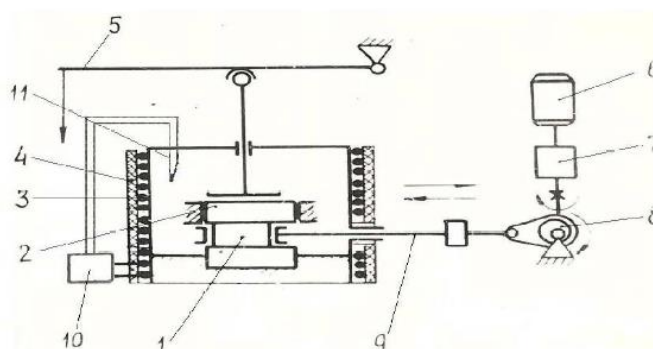


Рисунок 7 – Роботизированная установка для лазерной наплавки



Рисунок 8 – Аппаратура управления и питания комплекса роботизированной плазменной наплавки

Для проведения металлографических исследований применялся оптический микроскоп Axiovert 40 MAT. Для испытаний на задирустойчивость применялся специальный стенд, кинематическая схема которого представлена на рисунке 9.



«1, 2 – образцы; 3 – электронагреватель; 4 – кожух печи; 5 – нагружающее устройство; 6 – электродвигатель; 7 – редуктор; 8 – механизм подачи; 9 – подвижной шток; 10 – устройство регулировки температуры; 11 – термопара» [9]

Рисунок 9 – Кинематическая схема стенда для проведения испытания на задирустойчивость

Также в ходе исследований проводились эксперименты по выявлению влияния мощности лазерного излучения на характеристики наплавляемого покрытия. На рисунке 10 представлены валики наплавленного покрытия, выполненные при различных режимах.

По результатам проведённых исследований геометрии и химического состава наплавленных покрытий с применением лазерной наплавки и порошка CoCrWNi представлены в таблице 7.

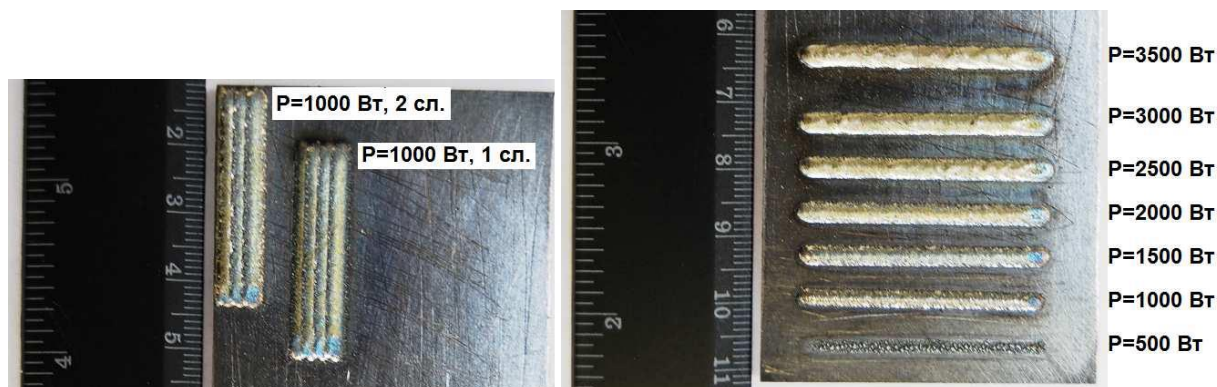


Рисунок 10 – Единичные валики, наплавленные на различных режимах

Таблица 7 – Результаты металлографического анализа наплавленных покрытий [23]

Мощность Вт	Ширина валика а, мкм	Высота валика b, мкм	Глубина проплавления h, мкм	ЗТВ hс, мкм	Микротвёрдость поверхности HV
500	-	-	-	508	-
1000	2484	484	67	1034	475...562
1500	3038	652	344	964	420...452
2000	3209	539	1051	1010	361...456
2500	3340	593	1109	718	290...445
3000	3187	734	1284	644	447...679
3500	3460	934	1349	1051	533...600

Из таблицы 7 становится понятным, что увеличение мощности лазерного излучения приводит к увеличению размеров наплавленного валика и глубины проплавления основного металла. При этом наблюдается некоторое снижение среднего значения микротвёрдости. При мощности излучения 500 Вт и 1000 Вт не происходит стабильного проплавления основы. Оптимальным следует считать мощность 1500 Вт.

Мощность лазерного излучения 1500 Вт позволяет получать стабильное проплавление основы минимальной толщины, которая составляет 550...600 мкм. Увеличение мощности приводит к усилению проплавления основного металла, интенсификации перемешивания основного и наплавленного металлов, увеличению зоны термического влияния. Поэтому применять мощность лазерного излучения выше 1500 Вт при восстановительной лазерной наплавке элементов запорной арматуры не рекомендуется.

С применением представленного на рисунке 9 стенда проводилось исследование наплавленных образцов на стойкость по отношению к образованию задиров. Представленные на рисунке 11 образцы, полученные и использованием порошка на основе кобальта, не имеют задиров.



Рисунок 11 – Внешний вид наплавленных образцов после проведения испытаний на задироустойчивость

Результаты проведённых исследований позволяют сделать вывод о высокой перспективности технологии лазерной наплавки применительно к восстановлению элементов запорной арматуры. Предложенная технология позволяет не только восстанавливать элементы запорной арматуры, но и существенно повышать их эксплуатационные свойства по сравнению с вновь приобретаемыми. Отработанную технологию предлагается применить в массовом производстве.

2.4 Обоснование выбора способа восстановления элементов запорной арматуры

Проведён поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки элементов запорной арматуры.

В первой работе [9] показано, что наплавка на рабочие поверхности элементов запорной арматуры хромоникелевых сплавов с дополнительным легированием бором и кремнием позволяет получить наплавленный слой с высоким сопротивлением коррозионному и эрозионному износу. Восстановленные элементы запорной арматуры с применением этих сплавов обладают значительным рабочим ресурсом и могут эксплуатироваться в течение длительного времени.

Во-вторых, в ходе проведённых экспериментов установлено, что для того, чтобы обеспечить высокие эксплуатационные качества восстановленных элементов запорной арматуры, толщина наплавленного слоя должна быть не менее 1,5 мм.

Таким образом, на основании этой работы сформулированы требования к толщине наплавленного слоя, которая должна быть не менее 1,5 мм. Результаты этой работы будут использованы при построении проектной технологии восстановительной наплавки элементов запорной арматуры.

Во второй работе [19] проведены исследования зависимости структурного состояния наплавленного металла от исходной структуры и состава присадочного порошка ПГ-10Р6М5 при выполнении плазменно-порошковой наплавки. Показана высокая эффективность предлагаемой технологии при восстановительной наплавке

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления элементов запорной арматуры и построении проектной технологии наплавки.

В третьей работе [20] на основании сравнительных испытаний доказано, что для восстановления рабочих элементов запорной арматуры может быть применена дуговая наплавка легированными сталями, которая позволяет повысить эксплуатационные свойства деталей и уменьшить затраты на изготовление за счёт использования материала основы с меньшей стоимостью.

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления элементов запорной арматуры и построении проектной технологии наплавки.

В четвёртой работе [7] показана высокая эффективность восстановления элементов запорной арматуры с применением порошковой проволоки. В качестве проволоки предлагается использовать разработанную российскими учеными проволоку ПП-2Х14М2Б. По результатам исследования можно заключить, что при применении в качестве наплавочного материала порошковой проволоки ПП-2Х14М2Б стойкость наплавленного слоя против истирания и ресурс восстановленных элементов запорной арматуры по сравнению с ранее применяющейся проволокой 2Х13 может быть увеличена в 1,8...2,2 раза.

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления элементов запорной арматуры и построении проектной технологии наплавки.

В пятой работе [23] представлены результаты исследования эффективности роботизированной лазерной наплавки для восстановления элементов запорной арматуры. Предложенная технология позволяет не только восстанавливать элементы запорной арматуры, но и существенно повышать их эксплуатационные свойства по сравнению с вновь приобретаемыми. Отработанную технологию предлагается применить в массовом производстве.

Результаты этой работы будут использованы при обосновании выбора способа восстановления элементов запорной арматуры и построении проектной технологии наплавки.

Таким образом, наиболее перспективными и дающими высокий технологический эффект способами восстановления элементов запорной арматуры можно признать: наплавку порошковой проволокой, наплавку в защитных газах проволокой сплошного сечения, плазменную наплавку и лазерную наплавку.

На основании работы [18] составлена таблица 8 по эффективности применения различных способов наплавки при восстановлении элементов запорной арматуры.

Таблица 8 – Эффективность применения различных способов наплавки при восстановлении элементов запорной арматуры [18]

Способ	Производительность, кг/ч	Доля основного металла, %	Толщина наплавленного слоя, мм	Сплавы для наплавки на основе		
				Co	Ni	Fe
«Ручная дуговая покрытыми электродами»	0,4-3,5	10-30	3-5	+	+	++
Лазерная наплавка	1-3	20-50	4-6	++	+	-
Дуговая порошковой проволокой	2,5-10	30-60	3-5	+	-	++
Дуговая плавящимся электродом в защитном газе	1,5-9	30-60	3-5	+	+	+
Плазменно-порошковая» [18]	0,5-6	5-10	1-6	++	++	+

«++» – Применяют широко; «+» – Применяют ограниченно; «-» – Не применяют.

На основании проведённого анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки элементов запорной арматуры для построения проектной технологии предложим применить плазменно-порошковую наплавку, которая позволяет получить сочетание высокой производительности с минимальным проплавлением основного металла.

2.5 Технология восстановительной плазменной наплавки

В проектной технологии предлагается использовать универсальную установку ОБ-2184 для плазменной наплавки, которая представлена на рисунке 12.

Предварительный подогрев элементов запорной арматуры перед наплавкой проводят до температуры 120...150 °С. Нагрев ведут с применением электрической печи СНО, которая представлена на рисунке 13.

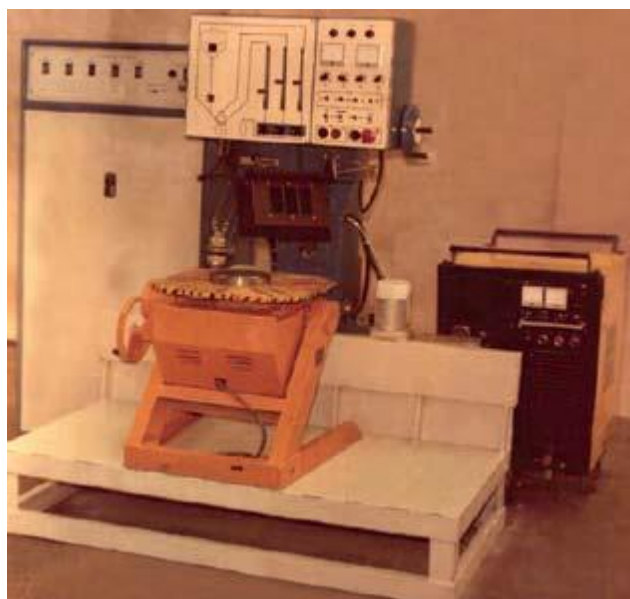


Рисунок 12 - Универсальная установка для плазменной наплавки ОБ-2184



Рисунок 13 – Печь электрического нагрева СНО

Толщина наплавки предварительного слоя составляет $3 \pm 0,5$ мм. Значения параметров режима наплавки: сила тока – 180...190 А; напряжение – 30...32 В; расход порошка – 12...14 г/мин; расход плазмообразующего газа – 1,2...2 л/мин; частота колебания плазматрона – 0,4...0,5 Гц; фракция порошка – не более 100 мкм.

После механической обработки выполняют дробеструйную обработку элементов запорной арматуры в дробемётной камере Avan-blast TL-H D3, которая представлена на рисунке 14.



Рисунок 14 – Дробемётная камера Avan-blast TL-H D3

Далее проводят наплавку рабочего слоя. Значения параметров режима наплавки: сила тока – 180...190 А; напряжение – 30...32 В; расход порошка – 12...14 г/мин; расход плазмообразующего газа – 1,2...2 л/мин; частота колебания плазматрона – 0,4...0,5 Гц; фракция порошка – не более 100 мкм.

После наплавки рабочего слоя проводят механическую обработку на режимах согласно базовой технологии.

Далее проводят капиллярный контроль и замер твердости наплавленного слоя с применением твердомера ТН-320. Твёрдость наплавленного слоя должна быть 30...45 HRC.

Капиллярный контроль проводят с применением набора ДМК-4. Наносят на контролируемую поверхность проникающую жидкость и выдерживают в течение 15...20 минут, промывают поверхность раствором кальцинированной соды. Далее наносят на поверхность проявляющую суспензию. В результате осмотра выявляются дефекты размером от 0,6 мм.

В ходе выполнения второго раздела выпускной квалификационной работы выполнено обоснование выбора способа наплавки. Рассмотрены альтернативные способы наплавки, получена экспертная оценка по критериям технологичности и долговечности наплавленного слоя.

На основании проведённого анализа источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности восстановительной наплавки элементов запорной арматуры для построения проектной технологии предложено применить плазменно-порошковую наплавку, которая позволяет получить сочетание высокой производительности с минимальным проплавлением основного металла.

Выполнено построение проектной технологии ремонтной наплавки элементов запорной арматуры, дан перечень технологических операций, сформулированы требования к выполнению каждой операции и назначены параметры режима обработки, выбрано необходимое технологическое оборудование.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [10] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [1], [4].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [12], [13].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления элементов запорной арматуры. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку. Укрупнённо проектный технологический процесс восстановления вала можно условно разделить на шесть операций. Первой операцией технологического процесса является подготовка дефектного участка на детали. Выполнение этой операции происходит с применением моечной машины и дробеструйной камеры. Вторая операция технологического процесса – предварительный подогрев, который происходит с применением печи СНО. Третья операция технологического процесса – плазменная наплавка, которая происходит с применением установки для плазменно-порошковой наплавки. Четвёртая операция технологического процесса – термическая обработка, которая происходит с применением термической печи СНО. Пятая операция технологического процесса – механическая обработка, которая происходит с применением токарного станка. Шестая операция технологического процесса – контроль качества, который выполняется с применением набора для визуально-измерительного контроля, твердомера и дефектоскопа.

Особенности выполнения операций и применяемого технологического оборудования представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. «Подготовка дефектного участка	Слесарь-сборщик	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая	Моющий раствор, вода техническая, ацетон, дробь стальная
2. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик	Электропечь СНО	-
3. Наплавка на дефектное место	Электросварщик	Источник питания плазменной установки, плазменная установка	Наплавочный порошок, аргон
4. Термическая обработка	Слесарь-сборщик	Электропечь СНО	-
5. Механическая обработка	Слесарь-сборщик	Токарный станок	СОЖ
6. Контроль качества» [18]	Дефектоскопист	Лупа, дефектоскоп, штангенциркуль, твердомер	масло

Представленные в таблице 9 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При проведении операций технологического процесса, который был разработан в ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы, возникают профессиональные и производственные риски, источником которых являются опасные и вредные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 10 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных

рисков. В данном случае источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке восстановления: моечная машина, воздушный компрессор, наплавочная установка, дробеструйная камера, электрическая печь.

Таблица 10 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Подготовка дефектного участка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
2. Проведение предварительного подогрева	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов
3. Наплавка на дефектное место	- 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
4. Термическая обработка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
5. Механическая обработка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
6. Контроль качества	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 4, выделено семь негативных производственных факторов:

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

Выявленные негативные факторы ранее возникали в других технологических процессах, являются известными и могут быть устранены.

Дальнейшие работы предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков, представленная в таблице 10, позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Для защиты от негативных производственных факторов предлагается проведение организационных мероприятий, применение защитных методик и технических средств.

Представленные в таблице 11 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

При выполнении операций предлагаемого проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 12.

Таблица 12 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная наплавка
Наименование оборудования	моечная машина, воздушный компрессор, наплавочная установка, дробеструйная камера, электрическая печь
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	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

На основании данных таблицы 12 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения,

плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 13 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 13 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы.

В таблице 14 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

Таблица 14 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
1. Подготовка дефектного участка	-	-	частицы упаковки, бытовой мусор
2. Проведение предварительного подогрева	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
3. Наплавка на дефектное место	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
4. Термическая обработка	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
5. Механическая обработка	вредные испарения	масло	отходы шлака, частицы упаковки, бытовой мусор
6. Контроль качества	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор

На основании анализа данных в таблице 14 могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 15 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 15 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [1]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [1]
За счёт чего снижается антропогенное 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» [1]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления элементов запорной арматуры. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку. Укрупнённо проектный технологический процесс восстановления вала можно условно разделить на шесть операций. Первой операцией технологического процесса является подготовка дефектного участка на детали. Выполнение этой операции происходит с применением моечной машины и дробеструйной камеры. Вторая операция технологического процесса – предварительный подогрев, который происходит с применением печи СНО. Третья операция технологического процесса – плазменная наплавка, которая происходит с применением установки для плазменно-порошковой наплавки. Четвёртая операция технологического процесса – термическая обработка, которая происходит с применением термической печи СНО. Пятая операция технологического процесса – механическая обработка, которая происходит с применением токарного станка. Шестая операция технологического процесса – контроль качества, который выполняется с применением набора для визуально-измерительного контроля, твердомера и дефектоскопа.

В таблице 16 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 16 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	200 тыс.	600 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	25	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	50	50
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	P/m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=1$ рассчитываем годовой фонд времени:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 1,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,89$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,76$ часа.

Размер годовой программы $\Pi_{г}$ рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{г.баз.} = 2054 / 1,89 = 1086$ деталей для базового технологического процесса и $\Pi_{г.пр.} = 2054 / 0,76 = 2700$ деталей для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_{г} = 1000$ деталей в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 1,89 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,9$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 0,76 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=1$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z для базового и проектного вариантов технологии:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_z = 0,9/1 = 0,9$ для базового варианта технологического процесса и $K_z = 0,4/1 = 0,4$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования K_z для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$, цены материалов C_m и нормы расходов материалов H_p по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=270 \cdot 0,48 = 129,6$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M=310 \cdot 0,448 + 90 \cdot 0,213 = 158,05$ рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $З_{осн} = 1,89 \cdot 200 \cdot 1,88 = 710,64$ рублей для базового варианта технологического процесса и $З_{осн} 0,76 \cdot 200 \cdot 1,88 = 285,76$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $З_{доп}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $З_{осн}$ и коэффициента доплат $K_{доп}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{доп} = 12 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $З_{доп} = 710,64 \cdot 12 / 100 = 85,28$ рублей для операций

базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 285,76 \cdot 12 / 100 = 34,29$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 710,64 + 85,28 = 795,92$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 285,76 + 34,29 = 320,05$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 795,92 \cdot 34 / 100 = 270,61$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 320,05 \cdot 34 / 100 = 108,82$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$:

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации $H_{\text{а}}$, которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_{\text{а}} = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_{\text{э}}$ и цена оборудования $C_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 200000 \cdot 21,5 \cdot 1,89 / 2054 / 100 = 39,57$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 600000 \cdot 21,5 \cdot 0,76 / 2054 / 100 = 47,73$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст.}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $\Pi_{э.}$:

$$P_{э.} = M_{уст.} \cdot t_{маш} \cdot \Pi_{э.} / \text{КПД}. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{э.} = 25 \cdot 1,89 \cdot 3,4 / 0,7 = 203,85$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{э.} = 40 \cdot 0,76 \cdot 3,4 / 0,85 = 108,01$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $З_{об.} = 39,57 + 203,85 = 243,39$ рублей по базовому технологическому процессу и $З_{об.} = 47,73 + 108,01 = 155,74$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тх}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн.}$, фонда заработной платы $\Phi ЗП$, затрат на оборудование $З_{об.}$:

$$C_{тх} = M + \Phi ЗП + O_{сн.} + З_{об.} \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тх} = 129 + 796 + 271 + 243 = 1439$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тх} = 158 + 320 + 109 + 156 = 743$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{цех}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{тх}$, коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$ и основной заработной платы $З_{осн.}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 1439 + 1,5 \cdot 711 = 1439 + 1067 = 2506$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 743 + 1,5 \cdot 286 = 743 + 429 = 1172$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 2506 + 1,15 \cdot 711 = 2506 + 818 = 3324$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 1172 + 1,15 \cdot 286 = 1172 + 329 = 1501$ рублей.

В таблице 17 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 17 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости при выполнении операций согласно базового технологического процесса и согласно проектного технологического процесса

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	<i>М</i>	129	158
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	796	320
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	271	109
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	243	156
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	1439	743
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	1067	429
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	2506	1172
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	818	329
9. Заводская себестоимость» [12]	<i>Сзав</i>	3324	1501

Данные, представленные в таблице 11, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить

заводскую себестоимость относительно базовой технологии. Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 200000 - (200000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 71000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{3. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 71000 \cdot 0,90 = 63900$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{\text{тз}}=1,05$, цены оборудования $\Pi_{\text{об}}$ и коэффициента загрузки оборудования K_3 :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об.пр.}} = 600000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 252000$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{\text{мон}}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{\text{дем}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{дем}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д.}} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 1 \cdot 200000 \cdot 0,05 = 10000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{\text{монт}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 600000 \cdot 0,05 = 30000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт.}} \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 10000 + 30000 = 40000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 252000 + 40000 = 292000$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 292000 - 63900 = 228100$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 63900/1000 = 63,9$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 292000/1000 = 252$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (1,89 - 0,76) \cdot 100 \% / 1,89 = 60 \%$.

Повышение производительности $\Pi_{\text{т}}$ рассчитывается как

$$\Pi_{\text{т}} = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 60 / (100 - 60) = 150 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (1439 - 734) \cdot 100\% / 1439 = 48 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{\text{ож}}$ рассчитывается как

$$P_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot P_T \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{ож}} = (3324 - 1501) \cdot 1000 = 1823000$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{\text{ок}}$ составляет:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{\text{ок}} = 228100 / 1823000 = 0,2$ года.

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_Г$ рассчитывается как

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_Г = 1823000 - 0,33 \cdot 228100 = 1748000$ руб.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

Производительность труда повышается на 150 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 48 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,75 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности восстановления элементов запорной арматуры.

В результате анализа известных решений по рассматриваемому вопросу обоснован выбор способа восстановления, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить плазменно-порошковую наплавку.

Укрупнённо проектный технологический процесс восстановления вала можно условно разделить на шесть операций. Первой операцией технологического процесса является подготовка дефектного участка на детали. Выполнение этой операции происходит с применением моечной машины и дробеструйной камеры. Вторая операция технологического процесса – предварительный подогрев, который происходит с применением печи СНО. Третья операция технологического процесса – плазменная наплавка, которая происходит с применением установки для плазменно-порошковой наплавки. Четвёртая операция технологического процесса – термическая обработка, которая происходит с применением термической печи СНО. Пятая операция технологического процесса – механическая обработка, которая происходит с применением токарного станка. Шестая операция технологического процесса – контроль качества, который выполняется с применением набора для визуально-измерительного контроля, твердомера и дефектоскопа.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по

защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 150 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 48 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 1,75 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,2 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют восстановление элементов запорной арматуры.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы могут быть перенесены на случай восстановительной наплавки деталей машин с применением плазменных технологий. Это объясняется тем, что предложенные оборудование и технологический процесс применимы не только к рассматриваемым в настоящей выпускной работе деталям, но и к другим изнашиваемым деталям машин.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
2. Богомолова Н. А. Практическая металлография. М. : Высшая школа, 1978. 272 с.
3. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Гульянц Г. М. Противовыбросовое оборудование скважин, стойкое к сероводороду: Справ. пособие. М.: Недра, 1991. 348 с.
- 6-. Гуревич Д. Ф., Шпаков О. Н. Справочник конструктора трубопроводной арматуры. Л.: Машиностроение, 1987. 517 с.
7. Еремин Е. Н., Еремин А. Е., Филиппов Ю. О. Разработка порошковой проволоки для наплавки запорной арматуры // Омский научный вестник. 2014. № 2. С. 45–47.
8. Еремина А.Е. Еремин Е. Н., Филиппов Ю. О. Структура и свойства высокохромистого металла запорной арматуры, наплавленного серийно выпускаемыми сварочными проволоками // Омский научный вестник. 2014. № 1. С. 55–58.
9. Жадкевич М. Л., Переплётчиков Е. Ф., Пузырин Л. Г. Расчет толщины наплавленного слоя на деталях задвижек нефтегазовой арматуры высокого давления // Автоматическая сварка. 2007. № 5. С. 59–62.
10. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по

импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

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

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

14. Мау В. А., Улюкаев А. В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 15–21.

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

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

17. Пат. 2356715 РФ, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Порошковая проволока / Еремин Е. Н., Еремин А. Е., Филиппов Ю. О. Заявл. 07.04.00; опубл. 27.05.09, Бюл. № 15. 3 с.

18. Переплетчиков Е. Ф., Рябцев И. А. Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения // Автоматическая сварка. 2007. № 4. С. 57–61.

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

20. Савельев В.А., Сорогина Т.П. Влияние технологии обработки на структуру и свойства запорной арматуры из стали 20Х13 // Вестник КГУ. 2010. № 1. С. 106–107.

21. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

22. Сорокин В. Г., Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.

23. Татаринов Е. А. Лазерная наплавка элементов запорной арматуры // Известия Тульского государственного технического университета. 2015. № 11. С. 101–107.