

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология восстановления узлов запорной арматуры

Студент

Д.С. Семин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Сохранение эксплуатационных свойств элементов запорной арматуры обеспечивается при условии высокой твёрдости и стойкости против коррозии и эрозии элементов арматуры. Для этого рабочие поверхности шибера и сёдел изготавливают с применением высокопрочной стали, а на их рабочие поверхности наносят специальное защитное покрытие, имеющее высокую стойкость против коррозионного и эрозионного разрушений.

Цель работы – повышение производительности и качества восстановительной наплавки элементов запорной арматуры на основании современных достижений в области сварочных и наплавочных технологий.

В работе решались следующие задачи: 1) повысить эффективность выполнения плазменной наплавки применительно к элементам запорной арматуры; 2) выполнить выбор наплавочного материала, применение которого позволит обеспечить увеличение срока службы элементов запорной арматуры после их восстановления; 3) составить проектный технологический процесс восстановительной наплавки элементов запорной арматуры.

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

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

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при выполнении восстановительной наплавки узлов запорной арматуры.

Содержание

Введение	5
1 Анализ современного состояния вопроса восстановительной наплавки элементов запорной арматуры	7
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	7
1.2 Сведения о материале изделия	10
1.3 Базовая технология восстановительной наплавки элементов запорной арматуры	11
1.4 Выбор способа восстановления деталей задвижек	14
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	21
2 Проектная технология восстановительной наплавки элементов запорной арматуры	23
2.1 Выбор наплавочного материала	23
2.2 Параметры режима наплавки	24
2.3 Технология восстановительной плазменной наплавки	27
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	31
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	33
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	34
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	36
3.6 Заключение по разделу	37
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	38
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	38
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	40

4.3 Расчет штучного времени	41
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	45
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	52
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	56
Заключение по экономическому разделу	58
Заключение	60
Список используемой литературы	61

Введение

Важнейшим элементом арматуры, которая эксплуатируется на нефтяных и газовых промыслах, являются задвижки. Они в основном обеспечивают безопасность персонала и устьевого оборудования, поскольку неконтролируемый выброс добываемого фонтанным методом горючего продукта может приводить к нарушению экологии и возникновению пожаров [1].

Сохранение эксплуатационных свойств элементов запорной арматуры обеспечивается при условии высокой твёрдости и стойкости против коррозии и эрозии элементов арматуры. Для этого рабочие поверхности шибера и седел изготавливают с применением высокопрочной стали, а на их рабочие поверхности наносят специальное защитное покрытие, имеющее высокую стойкость против коррозионного и эрозионного разрушений.

В процессе длительной эксплуатации запорной арматуры происходит износ её элементов. В частности, интенсивный износ наблюдается на затворе задвижки и седле задвижки.

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

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

Высокая работоспособность и надёжность элементов запорной арматуры высокого давления обеспечивается при выполнении их восстановительной наплавки с применением плазменно-порошковой наплавки хромоникелевыми сплавами с бором и кремнием. При этом достигается высокая стойкость против эрозионного и коррозионного износа рабочих поверхностей [1].

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества восстановительной наплавки элементов запорной арматуры на основании современных достижений в области сварочных и наплавочных технологий.

1 Анализ современного состояния вопроса восстановительной наплавки элементов запорной арматуры

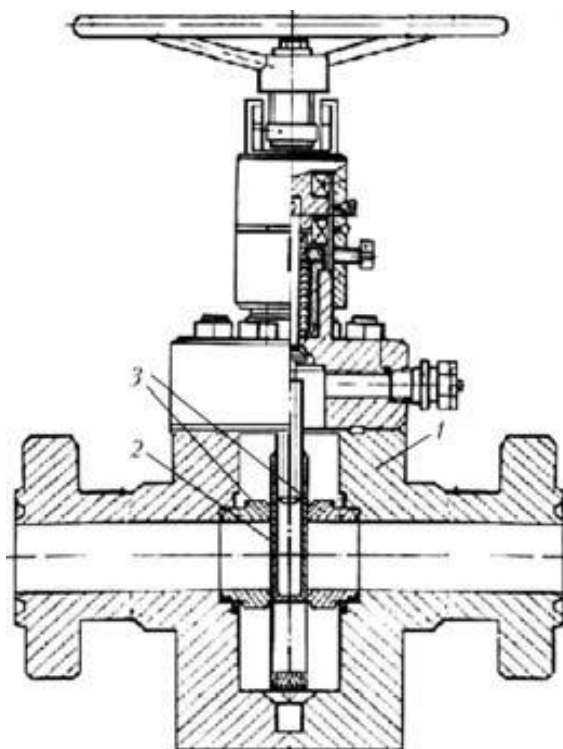
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

В запорной арматуре рассчитанной на почти непрерывный проток жидкости или газа, предпочтение отдается прямоточным задвижкам [2]. В основе конструкции прямоточной задвижки (рис. 1) лежит стальной корпус 1, который должен обладать существенной прочностью. На оси корпуса выполнена два патрубка, которые имеют присоединительные фланцы. В корпусе задвижки размещается запорный узел (шибер) 2, который имеет возможность свободного вертикального перемещения. Перемещение шибера происходит между седлами 3, которые плотно прижаты к нему. Нижняя часть шибера и седла имеют отверстия, диаметр которых соответствует диаметру отверстий в патрубках. Перекрытие протока осуществляется при нижнем положении шибера, в котором происходит его прижатие к седлу. Открытие протока происходит при совмещении отверстий в шибере и седлах, в этом случае нефть или газ получают возможность свободного перетекания без изменения скорости и направления. Конструкция прямоточных задвижек позволяет получить низкое гидравлическое сопротивление с коэффициентом, не превышающим 0,2, в то время, как клиновые задвижки и вентили имеют коэффициент гидравлического сопротивления 2...5 [3].

Запорные узлы прямоточных задвижек имеют уплотнение типа «металл–металл». Герметичность такого уплотнения определяется тщательностью подгона трущихся поверхностей шибера и седел. Надёжная работа уплотнительного узла обеспечивается при условии притирки поверхностей до чистоты с высотой неровности не более 0,2 мкм.

Можно назвать несколько причин, которые приводят к износу рабочих поверхностей шибера и седел задвижек. Во-первых, интенсивный износ поверхностей происходит из-за действия твёрдых частиц породы, которые

попадают в транспортируемый продукт. Во-вторых, в транспортируемом продукте может содержаться большое количество коррозионно-активных примесей (CO_2 и H_2S). В-третьих, открытие задвижки вызывает образование высокоскоростного турбулентного потока, действие которого приводит к эрозионному износу рабочих поверхностей задвижки.



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

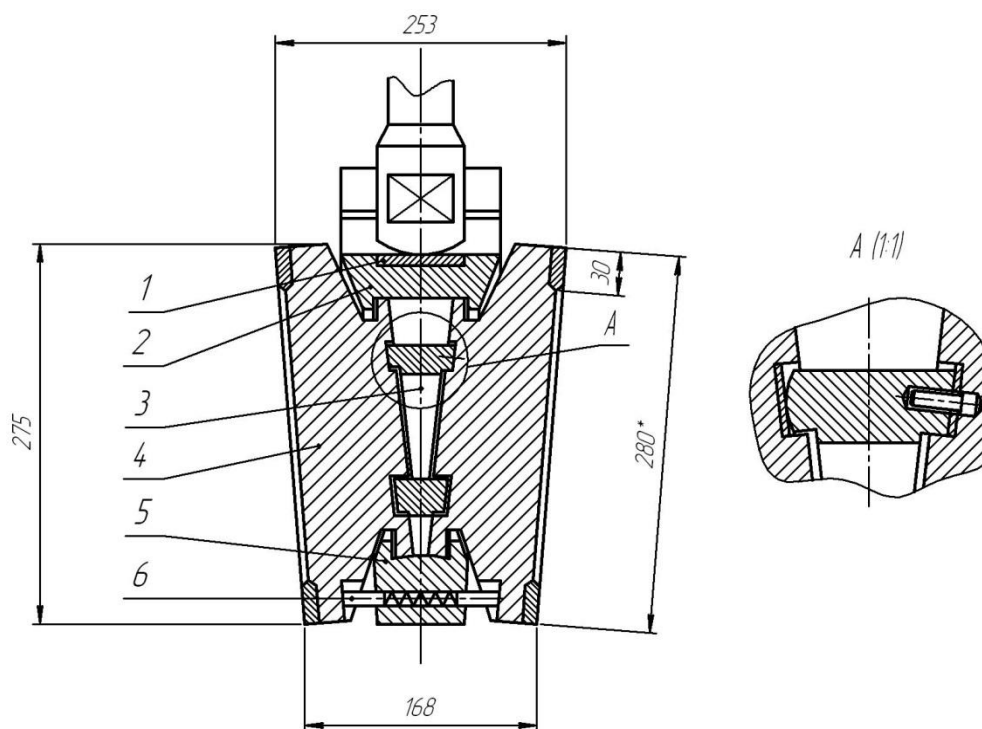
Рисунок 1 – Схема прямооточной задвижки фонтанной арматуры

Условия работы запирающей арматуры характеризуются длительным пребыванием шибера в открытом или закрытом положении. Многолетний опыт эксплуатации показывает, что в этом случае наблюдается «прикипание» шибера к седлам вследствие отложения на нём продуктов коррозии, что приводит к потере работоспособности задвижки.

Сохранение эксплуатационных свойств элементов запорной арматуры обеспечивается при условии высокой твёрдости и стойкости против коррозии и эрозии элементов арматуры. Для этого рабочие поверхности шибера и седел изготавливают с применением высокопрочной стали, а на их рабочие

поверхности наносят специальное защитное покрытие, имеющее высокую стойкость против коррозионного и эрозионного разрушений.

В процессе длительной эксплуатации запорной арматуры происходит износ её элементов. В частности, интенсивный износ наблюдается на затворе задвижки (рис. 1.2) и седле задвижки (рис. 1.3).



1 – шайба упорная; 2 – центратор; 3 – шток; 4 – корпус;
5 – упор нижний; 6 – фиксатор

Рисунок 1.2 – Затвор задвижки

Основными элементами, входящими в затвор задвижки, являются: шайба упорная (1); центратор (2); шток (3); корпус (4); упор нижний (5); фиксатор (6).

Интенсивность износа элементов запорной арматуры определяется условиями её работы, которые зависят от большого числа факторов. В частности, в числе определяющих факторов можно выделить: рабочую температуру и давление транспортируемой среды, физические свойства транспортируемой среды и её химический состав, периодичность циклов «открытие-закрытие». Величина износа элементов запорной арматуры может составлять несколько миллиметров.

1.3 Базовая технология восстановительной наплавки элементов запорной арматуры

Перед выполнением восстановительной наплавки следует демонтировать арматуру. При необходимости при выполнении демонтажа арматуры применяют средства малой механизации. После демонтажа запорной арматуры выполняют её транспортировку на участок восстановления.

Далее следует выполнить разбор запорной арматуры, очистку её элементов и дефектацию. Эти операции выполняются непосредственно на участке наплавки. В ходе дефектации выполняют замер рабочих поверхностей, выявляют раковины и трещины на поверхности элементов арматуры.

После этого следует подготовить под наплавку поверхности элементов арматуры. При этом выполняют зачистку предназначенных для выполнения восстановительной наплавки поверхностей и прилегающих к ним участков на ширину не менее 10 мм, удаляя с них загрязнения и заусенцы. После выполнения подготовки поверхности под наплавку следует передать элементы запорной арматуры на пост наплавки.

Пост наплавки оснащён сварочным выпрямителем ВД-301, балластным реостатом РБ, местной вытяжной вентиляцией. От остальных участков производственного процесса пост наплавки ограждён светонепроницаемыми экранами.

Перед наплавкой предварительного слоя выполняют предварительный подогрев элементов запорной арматуры до температуры 150...300 °С. Предварительный подогрев выполняют с применением газового пламени.

После предварительного подогрева выполняют наплавку предварительного слоя, толщина которого должна быть 3 ± 1 мм. Наплавку следует выполнять в нижнем положении. Параметры режима наплавки: ток – постоянный обратной полярности, сила тока – 60...80 А, напряжение на дуге

– 23...24 В. Восстановительную наплавку ведут электродами диаметром 3 мм. В качестве электродов для наплавки предварительного слоя применяют электроды ЦЛ-25.

После выполнения наплавки предварительного слоя следует удалить в наплавленных поверхностях шлак и передать наплавленные элементы запорной арматуры на следующую технологическую операцию для механической обработки.

Механическую обработку наплавленных поверхностей элементов запорной арматуры выполняют до гладкого состояния, применяя токарный станок 1К62Ф3С и резец Р6М5. 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.

После наплавки предварительного слоя выполняют токарную обработку элементов запорной арматуры, наплавленная поверхность обрабатывается до гладкого состояния.

Перед наплавкой выполняют предварительный подогрев элементов запорной арматуры до температуры 150...300 °С. Предварительный подогрев выполняют с применением газового пламени.

Далее выполняют восстановительную наплавку электродами ЦН-6Л диаметром 3 мм. Параметры режима наплавки: ток – постоянный обратной полярности, сила тока – 60...80 А, напряжение на дуге – 23...24 В.

Выполнять восстановительную наплавку следует при минимальной длине дуги, которая не должна быть более одного диаметра электрода. Ширина наплавливаемых валиков не должна превышать 3-х диаметров электрода, при этом валики должны перекрываться на 1/3 его ширины.

После выполнения восстановительной наплавки следует провести термическую обработку. Нагрев деталей проводят в электрической печи СНО

до температуры $640\pm 15^{\circ}\text{C}$, и длительности выдержки не менее одного часа. Термическую обработку восстановленных элементов запорной арматуры следует выполнять сразу же после окончания операции наплавки.

Далее выполняют визуально-измерительный контроль наплавленных поверхностей. Перед этим с поверхностей удаляют остатки шлака. Контроль поверхностей осуществляют по всей их площади. Наплавленный слой должен соответствовать требованиям ТИ 06.195-91, на поверхности не должно быть трещин, выходящих на поверхность пор и шлаковых включений.

Механическую обработку наплавленных поверхностей элементов запорной арматуры выполняют до гладкого состояния, применяя токарный станок 1К62Ф3С и резец Р6М5. 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.

После механической обработки выполняют капиллярный контроль и измеряют твердость наплавленного слоя, которая должна быть 30...45 НРС.

Для выполнения капиллярного контроля используется набор ДМК-4. На контролируемые поверхности наносят слой подкрашенной проникающей жидкости, после чего выдерживают её 20...15 минут. После этого промывают поверхности 50%-ным раствором кальцинированной соды. После промывки на поверхности наносят проявляющую суспензию. Осмотр на предмет выявления дефектов проводят через 5 минут и через 25 минут после нанесения суспензии.

1.4 Выбор способа восстановления деталей задвижек

Восстановительная и упрочняющая наплавка элементов запорной арматуры должна выполняться с учётом того обстоятельства, что напряжение сжатия, возникающее при работе задвижки, может достигать основного металла шибера. При этом основной металл шибера имеет более низкий предел текучести, чем наплавленный слой с высокой твёрдостью и высоким пределом текучести. В этом случае в основном металле шибера могут возникнуть пластические деформации сжатия, а твёрдый наплавленный слой шибера получит дополнительную деформацию изгиба и разрушится, так как не имеет достаточной пластичности.

В задвижках это достаточно распространённое явление, так как при их открытии и закрытии в шибере возникает перемещающаяся волна напряжения изгиба. Значения этих напряжений максимально у поверхности тела и снижаются по мере проникновения вглубь тела [4]. Поэтому предотвратить опасность разрушения слоя твердого покрытия можно путем увеличения его толщины до значения, при котором напряжения под покрытием станут ниже предела текучести при сжатии стальной основы шибера (рис. 1.4) [1].

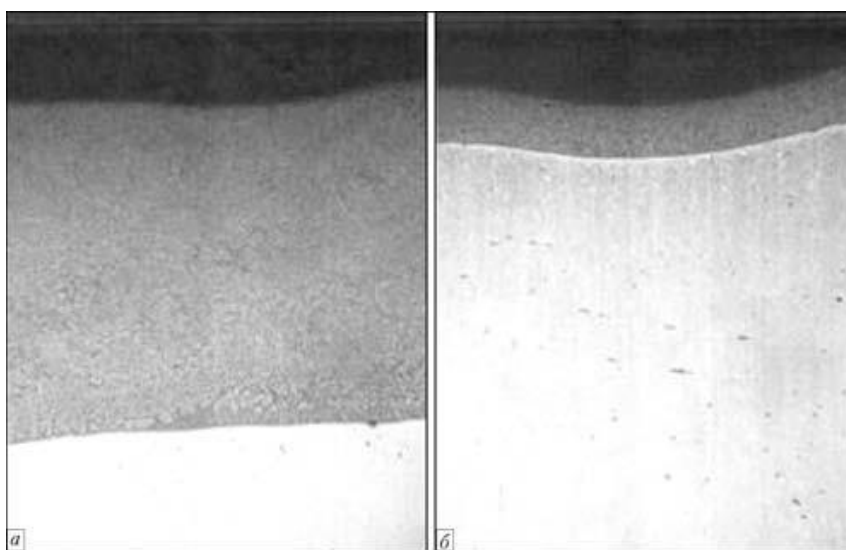


Рисунок 1.4 – Макроструктура покрытия под отпечатком при испытании твердости по Бринеллю при толщине покрытия 2,5 (а) и 0,5 (б) мм

Самым простым и давно используемым способом наплавки можно считать **ручную дуговую наплавку штучными электродами** (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Схема выполнения ручной дуговой наплавки покрытыми электродами

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту наплавленного слоя. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования наплавленного металла. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая наплавка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы восстановления деталей. Первым таким недостатком является малая производительность наплавочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества наплавки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса наплавки и потери электродного металла на огарки.

Наплавка **проволокой сплошного сечения в среде защитных газов** (рис. 2.3) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться.

Дуговая наплавка в среде защитных газов может считаться самым технологичным и универсальным способом, позволяющим проведение наплавки во всех пространственных положениях. При этом достаточно широк диапазон применяемых наплавочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей [8].

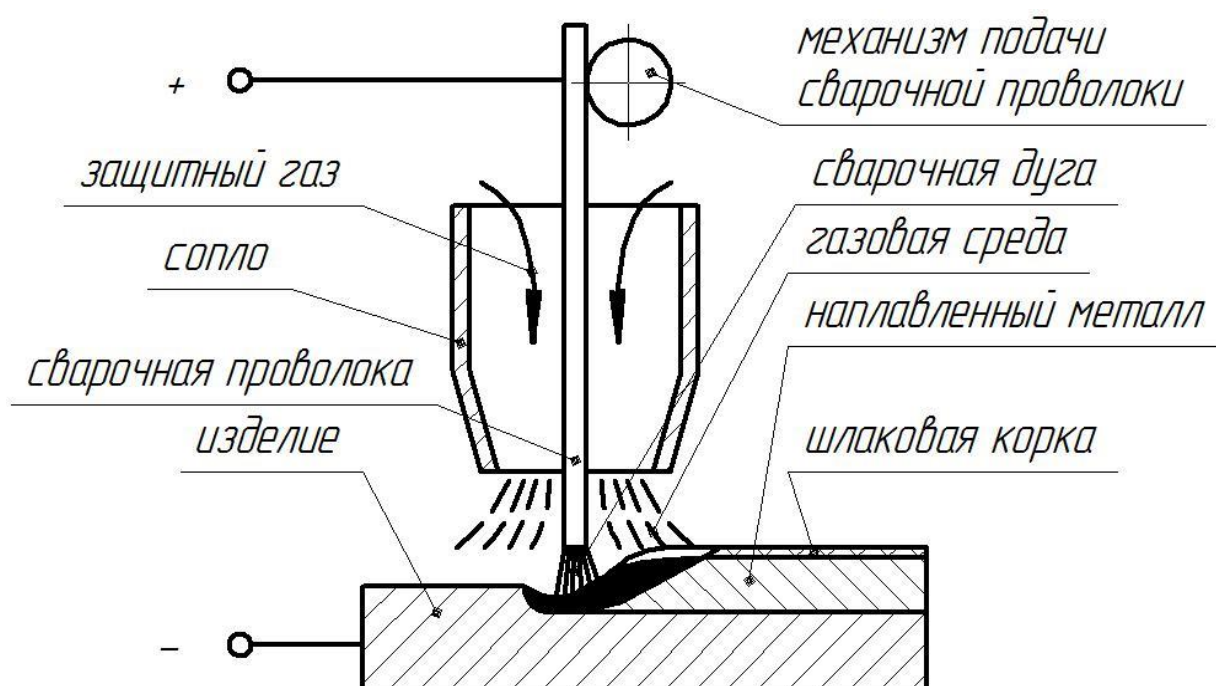


Рисунок 1.5 – Схема выполнения механизированной дуговой наплавки в защитных газах проволоками сплошного сечения

Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

Однако применение данного способа наплавки ограничивается малой эффективностью управления размерами наплавляемого валика — при наплавке в углекислом газе наблюдается повышенная глубина проплавления основного металла, низкая стабильность размеров наплавленного валика, большие потери электродного металла из-за разбрызгивания.

Совершенствованию наплавки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования наплавленного металла может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root [9...12]. В работах [13...15] описано комбинированное электромеханическое управление которое применено в процессах СМТ и PulseShock В настоящее время нашли промышленное применение отечественные разработки области управления горением дуги за счёт изменения скорости подачи электродной проволоки [8, 16]. Эти разработки основаны на применении современных электроприводов, конструкция которых основана на вентильных электродвигателях.

Механизированная наплавка порошковой проволокой (рис. 1.7) может считаться является одним из наиболее универсальных способов восстановления деталей машин [17]. Основными преимуществами порошковой проволоки, которые выгодно отличают её от других электродных материалов, являются хорошее формирование наплавленных валиков, высокая стабильность горения дуги, возможность адаптации химического состава к составу и свойствам восстанавливаемого изделия деталей и малое разбрызгивание электродного металла [18, 19, 20].

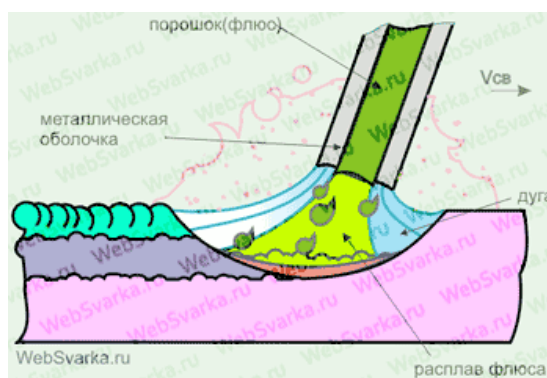


Рисунок 1.7 – Схема наплавки порошковой проволокой

Проведенные исследования свойств покрытий, сформированных при лазерной наплавке порошковых материалов на железной и кобальтовой основах (рис. 1.8), позволяют рекомендовать их применение для восстановления изношенных поверхностей деталей запорной арматуры. Достижимый уровень свойств, обеспечиваемый особенностями процессов при воздействии лазерного излучения, превышает характеристики покрытий по показателю стойкости к теплосменам, получаемых традиционными методами ремонта [21, 22, 23, 24].

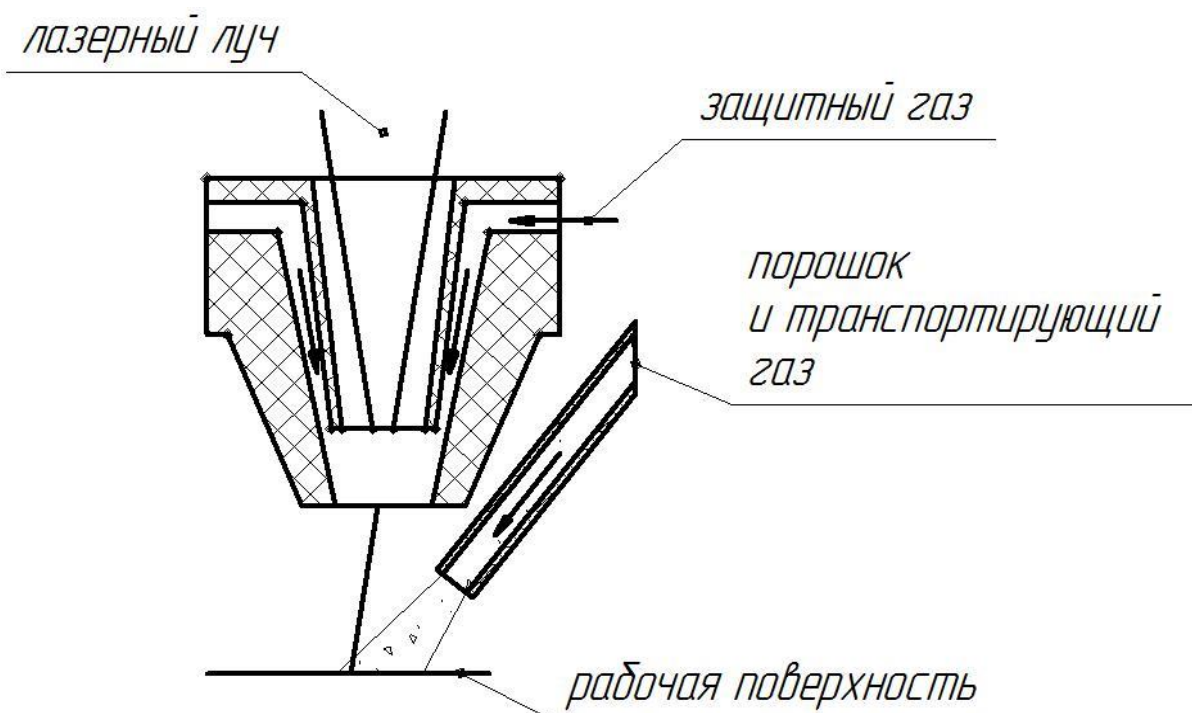


Рисунок 1.8 – Схема выполнения лазерной наплавки

Работы [23] проводились в следующей последовательности:

- пробная наплавка осуществлялась на образцах-имитаторах DN 115 мм, высотой 25 мм, изготовленных из стали марки 12X18H10T ГОСТ 5949-75. Форма и размеры образцов приближены к стандартным размерам тарелок клиновых задвижек, что позволяет имитировать условия формирования наплавленного слоя;
- дальнейшие работы производились на тарелке клиновой задвижки DN 200 мм из стали марки 12X1МФ ГОСТ 20072-74. Исходя из различия материалов

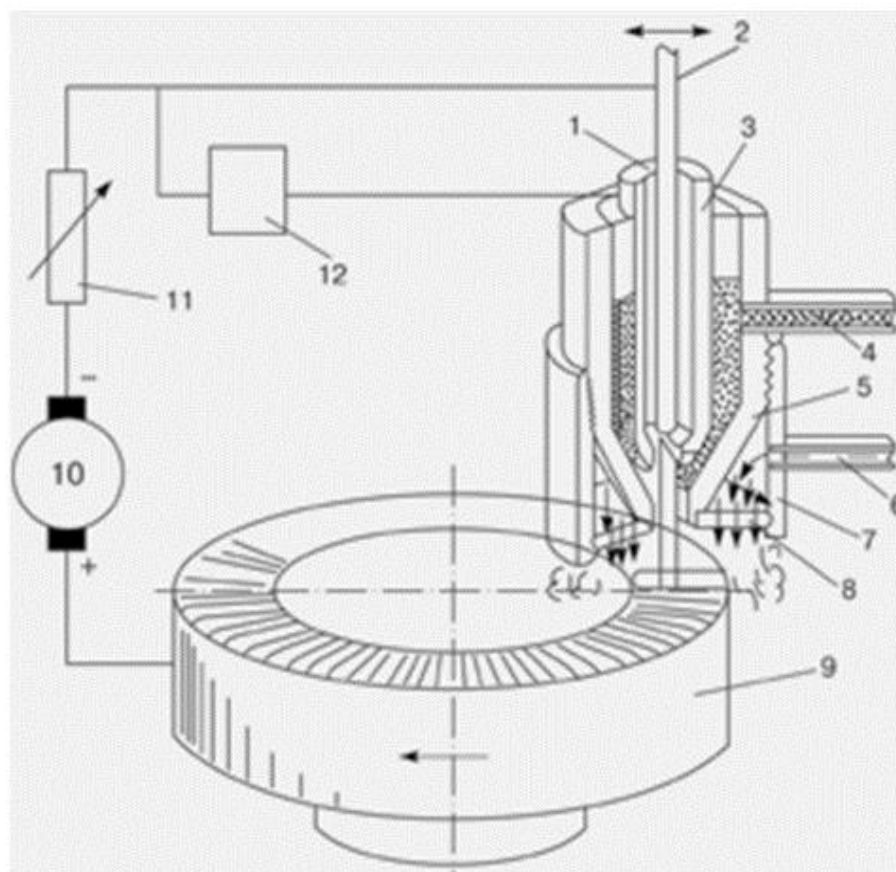
основ образцов-имитаторов и тарелки клиновой задвижки, произведена корректировка режимов наплавки.

Разработана технология лазерной наплавки порошковых материалов на основе железа и кобальта на уплотнительные поверхности узлов запорной арматуры, обеспечивающая получение бездефектного равномерного слоя с высокими служебными характеристиками. Твердость наплавленных покрытий после термообработки достигает 47...54 HRC.

Восстановление деталей с применением **плазменной наплавки** (рис. 1.9) позволяет получить существенное сокращение расходов на наплавочные материалы, повышение эксплуатационных свойств восстановленных деталей. Плазменная наплавка может считаться одним из самых высокоэффективных технологических процессов. Технико-экономические показатели (себестоимость, долговечность, производительность) плазменной наплавки существенно выше, чем показатели других способов восстановления деталей.

Плазменная наплавка с внесением порошка в плазменную струю позволяет достигнуть производительности наплавочных работ до 6 кг в час. Также следует учесть, что плазменная наплавка позволяет существенно уменьшить расход наплавочного порошка. Наилучшее сочетание твердости, стойкости против задиrow, коррозионной и эрозионной стойкости достигается при плазменно-порошковой наплавке поверхностей деталей запорного узла задвижек хромоникелевыми сплавами с углеродом, бором и кремнием [5, 6]. Технология плазменно-порошковой наплавки, разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона, с успехом используется при изготовлении деталей запорных узлов задвижек на давление 70 МПа [7].

Плазменно-порошковая наплавка элементов запорной арматуры выполняется за один проход, при этом слой наплавленного металла составляет порядка 3 мм. В готовом изделии выполняют тщательную обработку наплавленной поверхности, при этом толщину защитного слоя уменьшают до 2 мм.



1 – ввод плазмообразующего газа; 2 – вольфрамовый электрод;
 3 – стабилизирующее сопло; 4 – ввод транспортирующего газа
 с присадочным порошком; 5 – фокусирующее сопло; 6 – ввод защитного
 газа; 7 – защитное сопло; 8 – газовая линза; 9 – наплавляемая деталь; 10 –
 источник питания дуги; 11 – сопротивление; 12 – устройство поджига дуги

Рисунок 1.9 - Схема выполнения плазменной наплавки

При меньшей толщине защитного слоя не обеспечивается необходимая защита задвижки при работе в условиях действия высоких давлений, которые могут привести к разрушению защитного слоя. Также при выборе толщины защитного покрытия следует принимать во внимание возможность проведения ремонта деталей запорной арматуры, который выполняется перешлифовкой их рабочих поверхностей.

Таким образом, при изготовлении и ремонте деталей запорной арматуры могут быть применены только такие способы нанесения покрытия, которые позволяют получить достаточную толщину защитного слоя,

высокую плотность и прочное сцепление с основным металлом. Вот почему такие способы получения покрытия, как плазменное, вакуумное или детонационное напыление, не могут быть рекомендованы для изготовления и ремонта деталей запорных узлов арматуры.

Таким образом установлено, что высокая работоспособность и надёжность элементов запорной арматуры высокого давления обеспечивается при выполнении их восстановительной наплавки с применением плазменно-порошковой наплавки хромоникелевыми сплавами с бором и кремнием. При этом достигается высокая стойкость против эрозионного и коррозионного износа рабочих поверхностей.

Как показали расчёты в работе [1], необходимые эксплуатационные свойства восстановленных поверхностей достигаются при условии наплавки сплавами с углеродом, бором и кремнием с толщиной наплавленного слоя не менее 1,5 мм.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В ходе выполнения анализа состояния вопроса была рассмотрена базовая технология выполнения ремонтной наплавки элементов запорной арматуры. По базовому варианту технологии восстановление выполняется с применением ручной дуговой наплавки покрытыми электродами. Отмечены недостатки такого подхода к восстановлению элементов запорной арматуры:

- малая производительность наплавочных работ;
- малая стабильность свойств наплавленного слоя и качества наплавки в целом, которое зависит от квалификации сварщика;
- значительные потери электродного металла на угар и разбрызгивание;
- необходимость прерывать процесс наплавки для замены огарка на новый электрод.

В ходе анализа альтернативных способов наплавки были рассмотрены: ручная дуговая наплавка покрытыми электродами, механизированная

наплавка в защитных газах проволоками сплошного сечения, механизированная наплавка самозащитной порошковой проволокой, лазерная наплавка, плазменная наплавка.

В ходе анализа преимуществ и недостатков каждого способа для составления проектной технологии восстановительной наплавки элементов запорной арматуры принято решение использовать плазменную наплавку.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) повысить эффективность выполнения плазменной наплавки применительно к элементам запорной арматуры;
- 2) выполнить выбор наплавочного материала, применение которого позволит обеспечить увеличение срока службы элементов запорной арматуры после их восстановления.
- 3) составить проектный технологический процесс восстановительной наплавки элементов запорной арматуры.

2 Проектная технология восстановительной наплавки элементов запорной арматуры

2.1 Выбор наплавочного материала

Восстановительную плазменную наплавку уплотнительных поверхностей элементов запорной арматуры выполняют сплавами на основе никеля с бором и кремнием, которые позволяют получить твёрдость наплавленной поверхности 45...50 HRCэ.

Полученные с использованием этих материалов поверхности обладают хорошим сопротивлением изнашиванию при работе в условиях нагрева до температур 600 °С и сухом трении «металл по металлу». Коррозионная стойкость наплавленного металла позволяет использовать такие покрытия в условиях действия агрессивных сред. В качестве положительных сторон использования композиции Ni-Cr-Si-B-сплавов для выполнения восстановительной плазменной наплавки следует отметить:

- 1) низкую температуру плавления присадочного порошка, которая составляет 1050...1150 °С;
- 2) невысокую цену присадочного порошка в сравнении затратами на аналогичные порошки, например, композиции из Co-Cr-W-C-сплавов;
- 3) при использовании композиции из Ni-Cr-Si-B-сплавов существует возможность снизить температуру предварительного подогрева.

Однако многолетний опыт промышленной восстановительной плазменной наплавки показал, что при использовании порошков Ni-Cr-Si-B-сплавов для наплавки на низкоуглеродистые или низколегированные стали возникает ряд трудностей, в частности, не обеспечивается стабильное качество наплавленного слоя.

Стабильное формирование наплавляемых валиков в процессе восстановительной плазменной наплавки позволяет уменьшить трудоёмкость выполняемых работ за счёт уменьшения припусков на механическую

обработку. Наплавленный слой имеет толщину 3,8...4,2 мм, механическая обработка снижает эту толщину до $3\pm 0,5$ мм.

Химически состав порошков на основе железа и никеля представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Состав присадочных порошков на основе железа и никеля

Химический элемент	Порошок на основе железа	Порошок на основе никеля
Хром	-	16...18
Марганец	10...12	-
Кремний	2,0...2,5	4,0...5,0
Углерод	3,3...3,5	0,9...1,5
Бор	2,5...3,0	4,0...4,7
Титан	3,0...4,0	-
Никель	-	Остальное
Железо	Остальное	-

При наплавке в зону горения дуги подают смесь порошков. При этом содержание первого порошка (на основе железа) составляет 70...75 %, а содержание второго порошка (на основе никеля) составляет 30...25 %. переел подачей в зону горения дуги порошки следует смешать, при этом фракционность этих порошков должна быть не более 100 мкм.

Если порошок будет иметь более мелкую фракцию, то будет происходить его плавление в самом плазматроне, что приведёт к его забиванию и выходы из строя. Если использовать порошки более крупной фракции, то увеличится расход порошка и существенно снизится качество наплавленного слоя [25].

2.2 Параметры режима наплавки

Для выполнения восстановительной плазменной наплавки элементов запорной арматуры принимаем следующие значения параметров режима:

- 1) ток наплавки – 180...190 А;
- 2) напряжение на дуге – 30 В;

- 3) расход смеси порошка (70...75 % порошка № 1 и 30...25 % порошка № 2) – 12...14 г/мин;
- 4) расход плазмообразующего газа – 1,2...2 л/мин;
- 5) частота колебаний плазматрона – 0,4...0,5 Гц;
- 6) температура плавления наплавочного материала – 1000...1300°С.

Пробная восстановительная наплавка была выполнена на образцы из стали 12Х1МФ толщиной 50 мм. После наплавки проводили испытания на абразивный износ наплавленного образца и основного металла. В ходе испытаний проводили сравнительный анализ наплавленного образца с образцом эталона (рис. 2.1). При испытаниях образцы подвергали одновременно абразивному изнашиванию и истиранию (рис. 2.2). Такая форма проведения испытаний позволила установить величину относительной износостойкости, характеризующую повышение свойств наплавленного металла по сравнению с основным металлом.

Как показала результаты испытаний, при абразивном износе происходит равномерное истирание по всей площади наплавленного слоя. При этом скорость износа наплавленного образца не превышает скорости износа оригинального образца. На основании этого был сделан вывод о том, что значения параметров режима восстановительной плазменной наплавки подобраны верно.

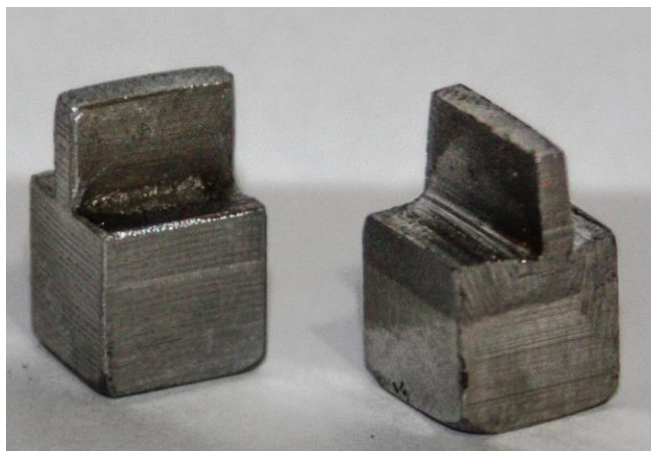


Рисунок 2.1 – Экспериментальные образцы для испытаний на абразивное изнашивание: эталонный (слева) и наплавленный (справа)

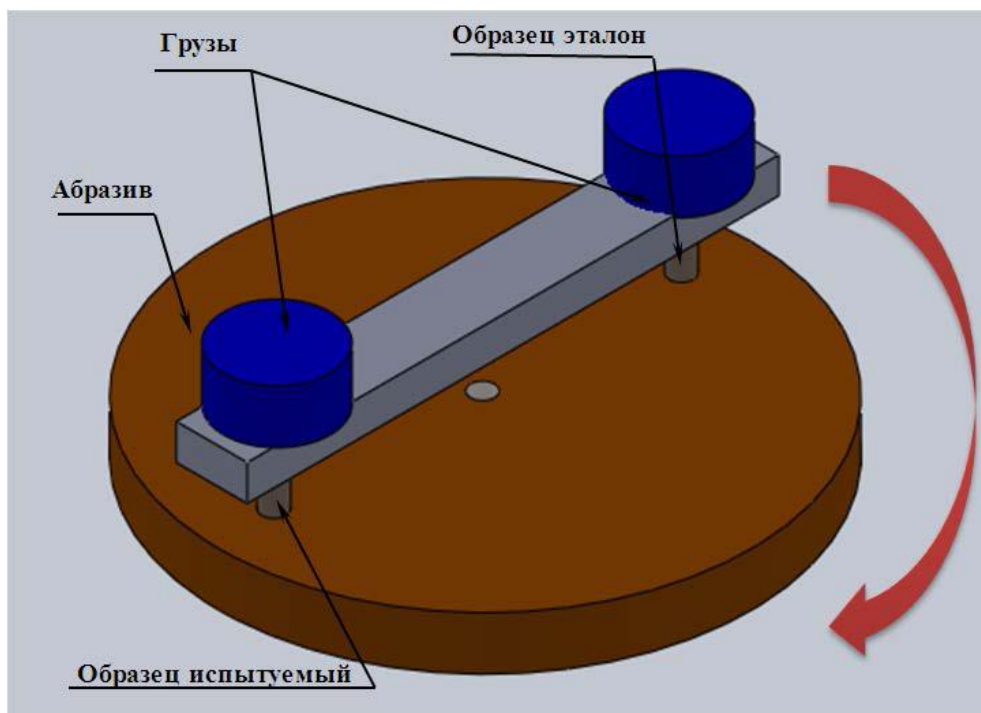


Рисунок 2.2 – Схема выполнения испытаний образцов на сопротивление абразивному износу

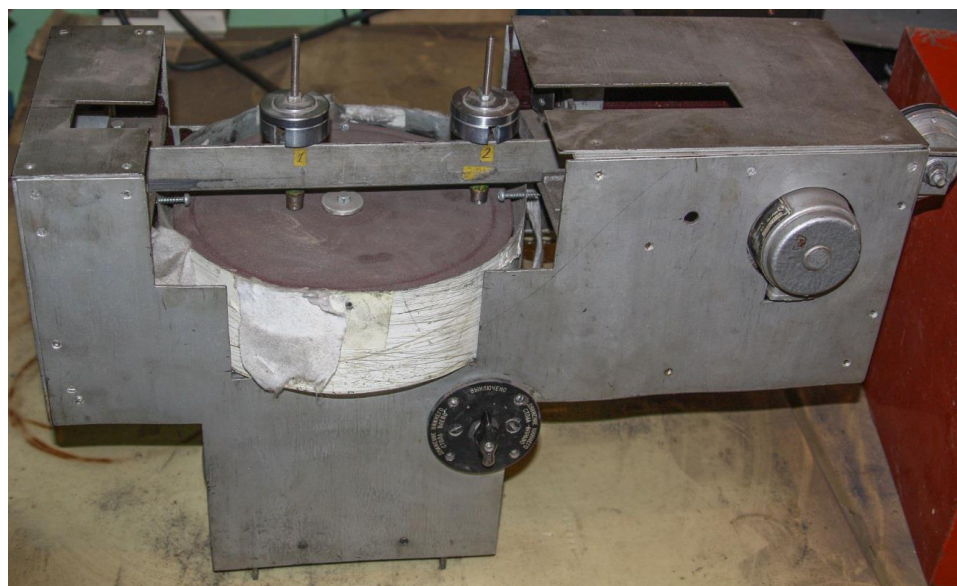


Рисунок 2.3 – Установка для проведения испытаний сопротивление образцов абразивному износу

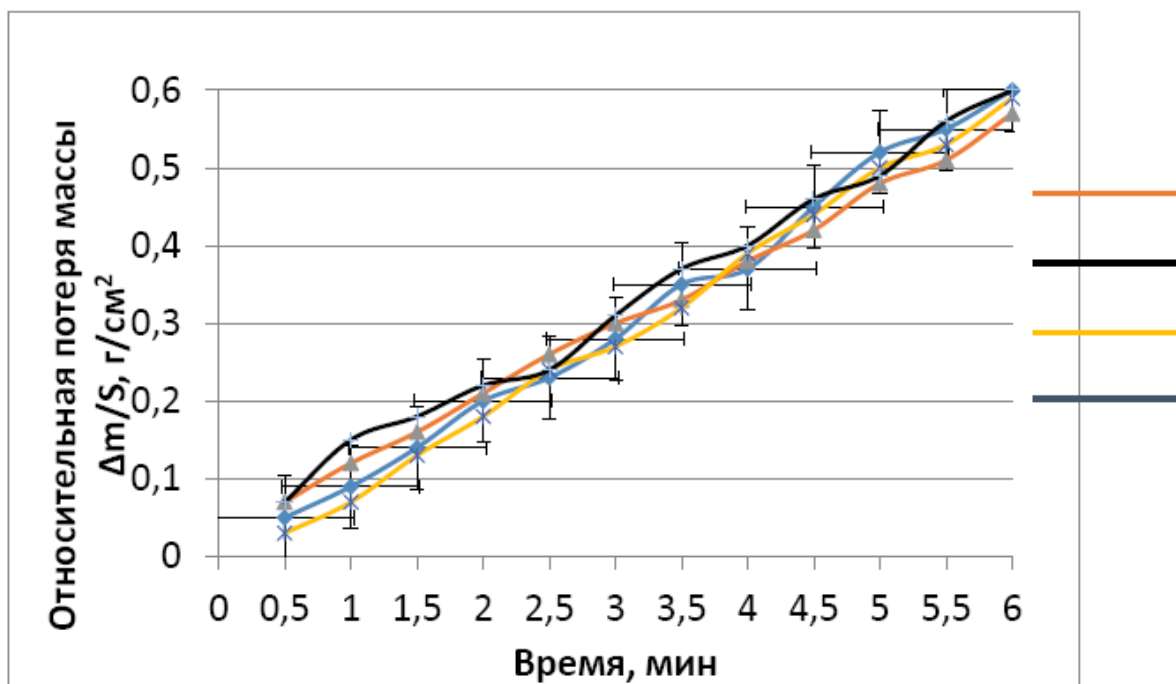


Рисунок 2.4 – Результаты испытаний образцов на сопротивление абразивному износу

2.3 Технология восстановительной плазменной наплавки

Перед выполнением восстановительной наплавки следует демонтировать арматуру. При необходимости при выполнении демонтажа арматуры применяют средства малой механизации. После демонтажа запорной арматуры выполняют её транспортировку на участок восстановления.

Далее следует выполнить разбор запорной арматуры, очистку её элементов и дефектацию. Эти операции выполняются непосредственно на участке наплавки. В ходе дефектации выполняют замер рабочих поверхностей, выявляют раковины и трещины на поверхности элементов арматуры.

После этого следует подготовить под наплавку поверхности элементов арматуры. При этом выполняют зачистку предназначенных для выполнения восстановительной наплавки поверхностей и прилегающих к ним участков на

ширину не менее 10 мм, удаляя с них загрязнения и заусенцы. После выполнения подготовки поверхности под наплавку следует передать элементы запорной арматуры на пост наплавки.

Пост наплавки оснащён универсальной установкой для восстановительной плазменной наплавки ОБ-2184 (рис. 2.5).

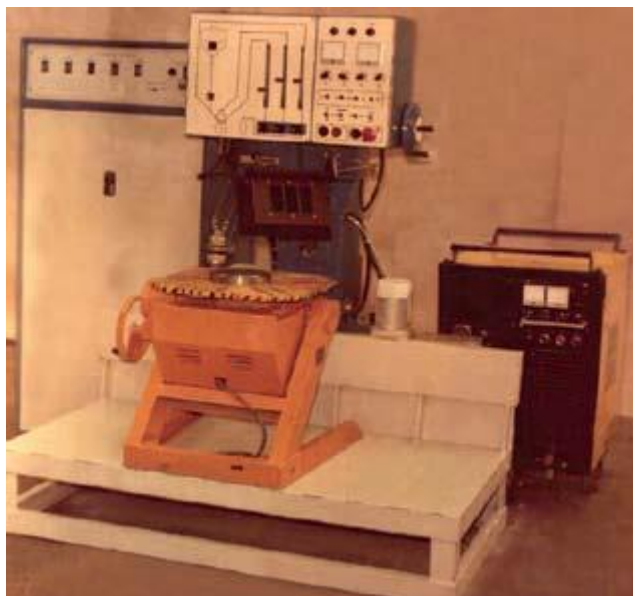


Рисунок 2.5 - Универсальная установка ОБ-2184 для плазменно-порошковой наплавки

Перед наплавкой предварительного слоя выполняют предварительный подогрев элементов запорной арматуры до температуры 120...150 °С. Предварительный подогрев выполняют с применением электрической печи СНО (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Печь электрического нагрева СНО

После предварительного подогрева выполняют наплавку предварительного слоя, толщина которого должна быть $3\pm 0,5$ 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.

Механическую обработку наплавленных поверхностей элементов запорной арматуры выполняют до гладкого состояния, применяя токарный станок 1К62Ф3С и резец Р6М5. 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.

После механической обработки выполняют дробеструйную обработку элементов запорной арматуры в дробемётной камере Avan-blast TL-H D3.



Рисунок 2.7 – Дробемётная камера Avan-blast TL-H D3

После этого выполняют предварительный подогрев элементов запорной арматуры до температуры 120...150 °С. Предварительный подогрев выполняют с применением электрической печи СНО (рис. 2.6).

После предварительного подогрева выполняют восстановительную наплавку. 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.

Механическую обработку наплавленных поверхностей элементов запорной арматуры выполняют до гладкого состояния, применяя токарный станок 1К62Ф3С и резец Р6М5. 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.

После механической обработки выполняют капиллярный контроль и измеряют твердость наплавленного слоя, которая должна быть 45...50 НРС.

Для выполнения капиллярного контроля используется набор ДМК-4. На контролируемые поверхности наносят слой подкрашенной проникающей жидкости, после чего выдерживают её 20...15 минут. После этого промывают поверхности 50%-ным раствором кальцинированной соды. После промывки на поверхности наносят проявляющую суспензию. Осмотр на предмет выявления дефектов проводят через 5 минут и через 25 минут после нанесения суспензии.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки узлов запорной арматуры. В соответствии с проектной технологией восстановительная наплавка выполняется с применением ручной дуговой наплавки штучными электродами и предусматривает выполнение следующих операций: 1) подготовка дефектного участка; 2) предварительный подогрев; 3) наплавка дефекта; 4) термическая обработка; 5) механическая обработка, 6) выходной контроль.

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

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

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

Продолжение таблицы 3.1

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

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей о угрозу негативного фактора
1	2	3
1. Подготовка дефектного участка	<ul style="list-style-type: none"> - 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 	Машина моечная, дробеструйная камера, щетка металлическая
2. Проведение предварительного подогрева	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	Электропечь СНО
3. Наплавка на дефектное место	<ul style="list-style-type: none"> - 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 	Источник питания плазменной установки, плазменная установка

Продолжение таблицы 3.2

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

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

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

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

Продолжение таблицы 3.3

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

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

Таблица 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

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

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

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

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

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

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

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

3.6 Заключение по разделу

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

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

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

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения восстановительной наплавки узлов запорной арматуры. В соответствии с базовой технологией восстановительная наплавка выполняется с применением плазменной наплавки и предусматривает выполнение следующих операций: 1) подготовка дефектного участка; 2) предварительный подогрев; 3) наплавка дефекта; 4) термическая обработка; 5) механическая обработка, 6) выходной контроль.

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

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

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	34	34
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	11	11
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	200000	600000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	6
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

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

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

D_p – общее число рабочих дней в календарном году;

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

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

$K_{см}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

$$F_{э} = F_{н} \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

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

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

4.3 Расчет штучного времени

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}}, \quad (4.5)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

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

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

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

$$K_{3б} = 0,9/1 = 0,9,$$

$$K_{3п} = 0,4/1 = 0,4.$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии сварки

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

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

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

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

При расчёте затрат на материалы следует учесть что базовый вариант технологии ремонтной наплавки с применением ручной дуговой наплавки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью их исправления. В проектном варианте технологии предложено использовать плазменную наплавку. В результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит получать изделия без дефектов. Таким образом, массу наплавленного металла при восстановительной наплавке по базовой технологии следует взять больше, чем массу наплавленного металла при сварке по проектной технологии. После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_{\text{баз.}} = 270 \cdot 0,48 = 129,6 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$З_{\text{доп.базов.}} = 710,64 \cdot 12 / 100 = 85,28 \text{ рублей;}$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 285,76 \cdot 12 / 100 = 34,29 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 710,64 + 85,28 = 795,92 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 285,76 + 34,29 = 320,05 \text{ рублей.}$$

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

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

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

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

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 795,92 \cdot 34 / 100 = 270,61 \text{ руб.},$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 320,05 \cdot 34 / 100 = 108,82 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (2.12)$$

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

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

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

F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

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

$$A_{об.б} = \frac{200000 \cdot 21,5 \cdot 1,89}{2054 \cdot 100} = 39,57 \text{ рублей}$$
$$A_{об.пр} = \frac{600000 \cdot 21,5 \cdot 0,76}{2054 \cdot 100} = 47,73 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

$$P_{\text{Э-Эб}} = \frac{25 \cdot 1,89 \cdot 3,02}{0,7} = 203,85 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{Э-Эпр}} = \frac{40 \cdot 0,76 \cdot 3,02}{0,85} = 108,01 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 39,57 + 203,85 = 243,39 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 47,73 + 108,01 = 155,74 \text{ рублей}$$

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

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

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 129 + 796 + 271 + 243 = 1439 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 158 + 320 + 109 + 156 = 743 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1439 + 1,5 \cdot 711 = 1439 + 1067 = 2506 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 743 + 1,5 \cdot 286 = 743 + 429 = 1172 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{зав}} \quad (4.16)$$

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

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

$$C_{\text{завБаз.}} = 2506 + 1,15 \cdot 711 = 2506 + 818 = 3324 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{завПроектн.}} = 1172 + 1,15 \cdot 286 = 1172 + 329 = 1501 \text{ руб.}$$

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

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	129	158
2. Объем фонда заработной платы	ФЗП	796	320
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	271	109
4. Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	243	156
5. Величина технологической себестоимости	Стех	1439	743
6. Объем цеховых расходов	Рцех	1067	429
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	2506	1172
8. Объем заводских расходов	Рзав	818	329
9. Величина заводской себестоимости	$C_{\text{зав}}$	3324	1501

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot \text{Ц}_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.17)$$

где K_3 – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 200000 - (200000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 71000 \text{ рублей}$$

$$К_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 71000 \cdot 0,90 = 63900 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 600000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 252000 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_Б \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.22)$$

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 200000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$K_{\text{МОНТ}} = 600000 \cdot 0,05 = 30000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{СОП}} = 10000 + 30000 = 40000 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩ.ПР}} = 252000 + 40000 = 292000 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{\text{ДОП}} = 292000 - 63900 = 228100 \text{ руб.}$$

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

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

где Π_T – принятое значение годовой программы.

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

$$K_{удБаз.} = 63900/1000 = 63,9 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 292000/1000 = 292 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

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

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

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

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

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

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

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

Снижение ΔC_{TEH} технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{TEH} = \frac{C_{TEHБ} - C_{TEHПР}}{C_{TEHБ}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

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

$$\Delta C_{TEH} = \frac{1439 - 743}{1439} \cdot 100\% = 48\%$$

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

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot П_T \quad (4.29)$$

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

$$Э_{у.г.} = (3324 - 1501) \cdot 1000 = 1823000 \text{ руб.}$$

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

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad . \quad (4.30)$$

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

$$T_{ок} = \frac{228100}{1823000} = 0,13$$

Годовой экономический эффект Δ_r в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (4.31)$$

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

$$\Delta_r = 1823000 - 0,33 \cdot 228100 = 1748000 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

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

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 60 %, увеличивается производительность труда на 150 %, уменьшается технологическая себестоимость на 48 %.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,13 года.

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

Заключение

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества восстановительной наплавки элементов запорной арматуры на основании современных достижений в области сварочных и наплавочных технологий.

Базовый вариант технологии ремонтной наплавки узлов запорной арматуры с применением ручной дуговой сварки сопровождается получением большого числа дефектов и необходимостью исправления дефектов. Обзор возможных способов восстановительной наплавки выполнен с анализом таких способов, как ручная дуговая наплавка штучными электродами, механизированная наплавка в защитном газе проволокой сплошного сечения, наплавка порошковой проволокой, лазерная наплавка, плазменная наплавка. На основании выполненного анализа обоснована эффективность применения ремонтной плазменной наплавки. В ходе выполнения анализа состояния вопроса выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу: 1) повысить эффективность выполнения плазменной наплавки применительно к элементам запорной арматуры; 2) выполнить выбор наплавочного материала, применение которого позволит обеспечить увеличение срока службы элементов запорной арматуры после их восстановления; 3) составить проектный технологический процесс восстановительной наплавки элементов запорной арматуры.

Выполнен анализ проектной технологии ремонтной сварки на предмет наличия опасных и вредных производственных факторов. Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 1,7 млн. рублей. С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута. Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при выполнении восстановительной наплавки узлов запорной арматуры.

Список используемой литературы

1. Жадкевич, М.Л. Расчет толщины наплавленного слоя на деталях задвижек нефтегазовой арматуры высокого давления / М.Л. Жадкевич, Е.Ф. Переплётчиков, Л.Г. Пузырин [и др.] // Автоматическая сварка. – 2007. – № 5. – С. 59–62.
2. Гульянц, Г.М. Противовыбросовое оборудование скважин, стойкое к сероводороду: Справ. пособие. – М.: Недра, 1991. – 348 с.
3. Гуревич, Д.Ф. Справочник конструктора трубопроводной арматуры / Д.Ф. Гуревич, О.Н. Шпаков. – Л.: Машиностроение, 1987. – 517 с.
4. Безухов, Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. — М.: Высш. шк., 1968. — 420 с.
5. Гладкий П. В., Переплетчиков Е. Ф., Рабинович В. И. Плазменная наплавка в энергетическом арматуростроении. — М.: НИИинфортяжмаш, 1970. — 36 с.
6. Переплетчиков Е. Ф. Плазменно-порошковая наплавка износостойких и коррозионностойких сплавов в арматуростроении // Автомат. сварка. — 2004. — № 10. — С. 37–44.
7. Производство фонтанной арматуры для глубоких нефтяных и газовых скважин методами электрошлакового литья и плазменно-порошковой наплавки / В. Л. Шевцов, В. Я. Майданник, В. М. Ханенко и др. // Сварщик. — 2001. — № 4. — С. 8–9.
8. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
9. Goecke S. F. Low Energy Arc Joining Process for Materials Sensitive to Heat, EWM HIGHTEC WELDING GmbH 2005.

10. Jaeschke B. Speedpulse eine produktivitäts- und effizienzsteigernde Weiterentwicklung des MSG Impulsschweißens / Jaeschke B., Vollrath K. // Schweien und Schneiden. – 2009. – 61. – № 9. – S. 548–553.

11. DeRuntz, B. D. Surface Tension Transfer welding in manufacturing. Selected Paper presented at the National Association of Industrial Technology Conference, Detroit Michigan, 2001. – P. 20–26.

12. Jyri Uusitalo. Kemppi Pro News 2/2006. FastROOT Process. – P. 4–8.

13. A. Schierl: «The CMT-Process – A Revolution in welding technology». – Weld. World, 2005, 49, 38. G. Huismann: Direct control of the material transfer, the Controlled Short Circuiting (CSC)-MIG process, ICAWT 2000: Gas Metal Arc Welding for the 21st Century, Dec. 6-8, 2000, Orlando, Florida.

14. Федько, В.Т. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла / В.Т. Федько, А.В. Крюков, С.А. Солодский // Наука – Образование – производство: материалы научно технической конференции. – Нижний Тагил, 2004. – Т.2. – С. 100–103.

15. Lebedev V.A. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode / V.A. Lebedev, S.Yu. Maksimov // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA.

16. Лебедев, В.А. Особенности формирования структуры сварных соединений при дуговой наплавке с импульсной подачей электродной проволоки / В.А. Лебедев, И.В. Лендел, А.В. Яровицын [и др.] // Автоматическая сварка. – 2006. – № 3. – С. 25–30.

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

18. Шлепаков, В.Н. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей

/ В.Н. Шлепаков, Ю.А. Гаврилюк, А.С. Котельчук // Автоматическая сварка. – 2010. – № 3. – С. 46–51.

19. Розерт, Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях / Р. Розерт // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6-7. – С. 60–64.

20. Кондратьев, И.А. Порошковые проволоки для наплавки стальных валков горячей прокатки / И.А. Кондратьев, И.А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6-7. – с. 99–100.

21. Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 664 с.

22. Петровский, В. Н. Лазерная наплавка с использованием излучения волоконного лазера / В. Н. Петровский, П. С. Джумаев, В. И. Польский // Научная сессия МИФИ-2010. – Т.2 Нанозфизика и нанотехнологии. Фундаментальные проблемы науки. – 2010.

23. Балдаев, Л. Х. Опыт применения технологии лазерной наплавки для реновации уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Л. Х. Балдаев, В. С. Степин, О. Е. Грачев, М. А. Киселев // Трубопроводная арматура и оборудование. – № 1. – 2015.

24. Гаврилов, Г. Н. Разработка и освоение технологий поверхностного термического упрочнения и наплавки металлических материалов лазерным излучением : дис. ... докт. техн. наук – Нижегородской гос. техн. ун-т. – Нижний Новгород. – 2000.

25. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения / Е.Ф. Переплётчиков, И.А. Рябцев // Сварщик. – 2007. – № 4. – С. 57–61.