

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

Институт машиностроения, химии и энергетики

(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 сварки технологического трубопровода газорегуляторного пункта

Обучающийся

Р.А. Молчков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент О.В. Шашкин

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

Консультанты

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярдова

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

канд. геогр. наук, доцент В.Д. Будко

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

Тольятти 2025

Аннотация

Основной операцией, от эффективности выполнения которой зависят экономические показатели работ по ремонту трубопровода, является сварка, которая согласно базовому варианту технологии выполняется с применением ручной дуговой сварки. Этот способ заслуженно получил широкое распространение благодаря высокой универсальности и автономности, простоте оборудования и значительному накопленному опыту. Однако недостатки ручной дуговой сварки в условиях современного производства начинают приобретать критический характер, в результате чего производитель сварочных работ заменяет этот способ сварки на более производительные способы, которые в основном механизированы и автоматизированы. Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных операций при ремонтной сварке трубопроводов газораспределительного пункта. Базовая технология предусматривает применение ручной дуговой сварки, недостатки которой сформулированы при выполнении аналитического раздела. Достижение поставленной цели обеспечится путем решения задач, которые были сформулированы на основании проведенного анализа состояния вопроса. На основании экспертной оценки альтернативных способов сварки для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, которая позволяет обеспечить требуемую производительность и качество работ. Для расширения технологических возможностей выбранного способа сварки на основании литературного обзора в области управления сварочными процессами предложено применить импульсное управление сварочной дугой. В ходе экономического обоснования предлагаемых решений установлены значительные объемы средств, экономия которых достигается на рассматриваемом производстве. Таким образом, поставленная цель достигнута, а результаты работы предлагаются к внедрению.

Содержание

Введение	4
1 Настоящее состояние технологии сварки трубопроводов газорегуляторных пунктов.	5
1.1 Описание трубопровода, условий его работы	5
1.2 Сведения о материале трубопровода.	6
1.3 Особенности выполнения базового процесса.	8
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	12
2 Выработка и технологическое обоснование решений	13
2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки.	13
2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах	16
2.3 Описание операций проектного технологического процесса.	22
3 Промышленная и экологическая безопасность предлагаемых решений.	27
3.1 Исходные данные для экологического раздела	27
3.2 Идентификация негативных производственных факторов.	28
3.3 Меры по обеспечению безопасности персонала от негативных производственных факторов.	30
3.4 Пожарная безопасность производственного участка	32
3.5 Экологическая безопасность производственного участка.	34
4 Обоснование экономической эффективности предлагаемых решений.	36
4.1 Исходные данные для выполнения экономического раздела.	36
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.	38
4.3 Штучное время и годовая программа.	39
4.4 Расчёт заводской себестоимости.	41
4.5 Капитальные затраты по вариантам технологии.	46
4.6 Показатели экономической эффективности	48
Заключение	50
Список используемой литературы и используемых источников.	52

Введение

Начиная с 2000 года ООО «Газпром» проводит периодические работы по поддержанию в исправном состоянии технологических трубопроводов, по которым на предприятие поступает природный газ, необходимый для функционирования предприятия. Проводятся работы по техническому обслуживанию и текущему ремонту газораспределительного оборудования и трубопроводов.

Основной операцией, от эффективности выполнения которой зависят экономические показатели работ по ремонту трубопровода, является сварка, которая согласно базовому варианту технологии выполняется с применением ручной дуговой сварки. Этот способ заслуженно получил широкое распространение благодаря высокой универсальности и автономности, простоте оборудования и значительному накопленному опыту. Однако недостатки ручной дуговой сварки в условиях современного производства начинают приобретать критический характер, в результате чего производитель сварочных работ заменяет этот способ сварки на более производительные способы, которые в основном механизированы и автоматизированы. Прежде всего, в качестве перспективной замены ручной дуговой сварки выступают механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и механизированная сварка порошковой проволокой, как самозащитной, так и в среде защитных газов. Массовое применение этих способов сталкивается с рядом затруднений, от успешности разрешения которых зависит эффективность современного сварочного предприятия.

Таким образом, очевидна актуальность выбранного направления исследования и поставленной цели – повышение эффективности сварочных операций при ремонтной сварке трубопроводов газораспределительного пункта. Для достижения поставленной цели следует опереться на разработки российских исследователей в области управления сварочными процессами.

1 Настоящее состояние технологии сварки трубопроводов газорегуляторных пунктов

1.1 Описание трубопровода, условий его работы

На рассматриваемом газораспределительном пункте производится прием природного газа, его редуцирование до рабочего давления и учёт расхода газа. На газораспределительный пункт газ поступает с магистрального трубопровода с рабочим давлением 1,2...1,6 МПа. На выход газораспределительного пункта давление природного газа составляет 0,15...0,27 МПа. Расход газа, проходящего через рассматриваемый газораспределительный пункт, составляет 22300 кубических метра в час. На рисунке 1 представлен внешний вид части трубопровода газораспределительного пункта. В составе схемы газопровода предусмотрено наличие двух рабочих линий и одной резервной линии редуцирования газа. За счёт работы шумоглушителей достигается общий уровень шума внутри помещения не более 70 дБа. Снаружи газораспределительного пункта общий уровень шума не превышает 50 дБа. Отопление помещения газорегуляторного пункта выполняется с применением газовых конвертеров, имеющих закрытую камеру сгорания. Кровля пункта выполнена облегченной, что повышает взрывобезопасность помещения. Трубы и арматура покрашены в желтый цвет с предупреждающими красными полосами.



Рисунок 1 – Общий вид трубопроводов газорегуляторного пункта

Газопроводы внутри газорегуляторного пункта выполнены из труб диаметром 273 мм с толщиной стенки 5 мм и труб диаметром 377 мм с толщиной стенки 5 мм. Класс прочности труб составляет К42. При ремонте происходит устранение протечек газа путем установки временных ремонтных конструкций, заварки дефекта и замены дефектного участка трубопровода. Заварка дефекта и установка ремонтной конструкции рассматриваются как временная мера и при выполнении капитального ремонта трубопровода дефектный участок должен быть полностью заменен.

При замене участка трубопровода в основном выполняется стыковое соединение труб согласно ГОСТ 16037-80.

1.2 Сведения о материале трубопровода

Трубы для рассматриваемого трубопровода газорегуляторного пункта выполняются из стали 17Г1С, которая относится к низколегированным сталям строительного и машиностроительного назначения. В таблице 1 представлено содержание химических элементов в рассматриваемой стали.

Таблица 1 – Химический состав стали 17Г1С

C	Mn	Si	S	P	N
0,15-0,2	1,15-1,6	0,4-0,6	до 0,04	до 0,035	до 0,008

«Конструкции, выполняемые из стали 17Г1С, могут эксплуатироваться при температурах от -40 до +475 °С, при этом допускается длительное действие на конструкцию повышенных давлений до 2,2 МПа. Таким образом, рассматриваемая сталь может быть применена для изготовления трубопроводов. Класс прочности стали составляет К52, что позволяет использовать её при строительстве как технологических, так и магистральных трубопроводов, по которым осуществляется передача природного газа, нефтепродуктов, воды и пара» [7]. «При анализе мест аварийных разрушений трубопроводов из стали 17Г1С установлено, что

значительная роль в усталостном разрушении принадлежит концентраторам напряжений, в числе которых сварочные дефекты» [7], неровность сварного шва и выступающие элементы конструкции с резкими очертаниями. Образующаяся в результате усталостного износа трещина может распространяться как в металле сварного шва, так и переходить на основной металл трубы. При построении технологии сварки конструкций из стали 17Г1С следует учитывать ряд особенностей этой стали по сравнению с низкоуглеродистыми сталями, что несколько усложняет сварку. В процессе термического цикла от сварки в стали происходит укрупнение зерна в основном металле, что становится причиной снижения его механических и эксплуатационных свойств [1]. «В результате в зоне сварного шва наблюдается снижение прочности по сравнению с основным металлом трубы. Это объясняется отрицательным действием содержащихся в металле элементов углерода и кремния, содержание которых по сравнению с низкоуглеродистой сталью. При применении для сварки стали 17Г1С стандартных сварочных материалов возможно коррозионное растрескивание в зоне сварного шва, что может быть устранено путем применения специализированных сварочных материалов с пониженным содержанием кремния и углерода. При выполнении сварных конструкций из рассматриваемой стали особое внимание следует уделить соблюдению техники сварки, от которой зависит термический цикл металла и свойства сварного соединения. Сварка конструкций из стали 17Г1С может приводит к образованию в ней закалочных структур. Обычно эти структуры равномерно распределены в ферритной фазе и не оказывают сколько-нибудь существенного отрицательного влияния на свойства сварного соединения» [1]. Нарушение же техники сварки вызывает локальный перегрев металла и образование в нем участков с повышенным содержанием упорядоченно расположенных закалочных структур. При длительной эксплуатации такие участки становятся полем образования усталостных трещин. Сварку следует вести на пониженной погонной энергии.

1.3 Особенности выполнения операций по базовому технологическому процессу

При ремонтной сварке газопровода предусмотрено последовательное выполнение ряда технологических операций, которые и составляют технологический процесс. Первой операцией является подготовка кромок труб перед сваркой. Для этого проводят осмотр состояния поверхности и торцев труб. С использованием шлифовального инструмента убирают такие дефекты, как риски, задиры и царапины, если их глубина не превышает 0,5 мм. Если глубина дефекта не превышает 0,2 мм, то такой дефект не исправляют. При выборке дефекта шлифованием необходимо убедиться, что после шлифования толщина стенки трубы не выходит за минусовой допуск. Если на торце и поверхности труб обнаружены забоины или задиры глубиной до 5 мм, то такой дефект может быть исправлен с применением ручной дугой сварки и электродами марки ОК 53.70 диаметром 3,2 мм, перед проведением ремонтной сварки следует выполнить предварительный подогрев газовым пламенем до температуры 100...130 °С. Если на трубе обнаруживаются вмятины глубиной до 3,5 % от наружного диаметра трубы, то такой дефект может быть исправлен с применением безударного разжимного устройства и предварительного подогрева до 100...150 °С. Если на трубах обнаружены забоины и задиры более 5 мм, надрывы и вмятины более 3,5 % от наружного диаметра, то такие дефекты исправлению не подлежат, а конец трубы с дефектами должен быть отрезан с применением машинной кислородной резки, после которой необходимо проведение ультразвукового контроля торца трубы на глубину 40 мм от обрезанного края. Если в процессе контроля обнаружены расслоения, то конец трубы опять отрезают на 300 мм и снова проверяют с применением визуального и ультразвукового контроля. Прилегающие кромки в внешней и внутренней стороны трубы должны быть зачищены до металлического блеска с применением шлифовальной машины на ширину 15 мм.

При подготовке кромок применяется ультразвуковой толщиномер, ультразвуковой дефектоскоп, универсальный шаблон сварщика, пневматическая шлифовальная машина, штангенциркуль. Питание сварочной дуги осуществляется от сварочного выпрямителя ВД-306. Правка труб выполняется безударным разжимным приспособлением. Предварительный подогрев выполняется с применением газовой горелки, а контроль температуры нагрева выполняется с применением пирометра и термического карандаша. Размеры разделки кромок труб под сварку представлены на рисунке 2.

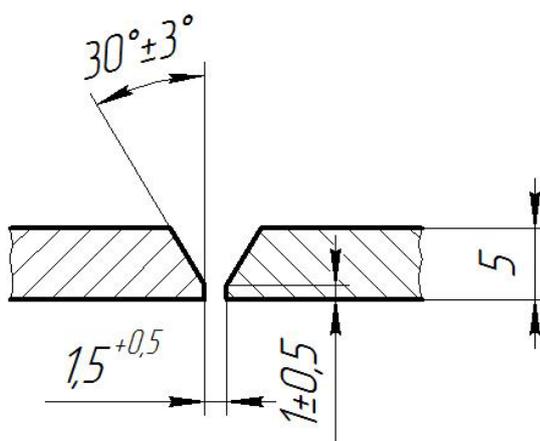


Рисунок 2 – Разделка труб под сварку

Сборку труб выполняют с применением наружного центратора и контролируют при помощи металлической линейки и шаблона сварщика. Смещение кромок не должно превышать 20 % от толщины стенки трубы. Зазор между стыкуемыми заготовками должен быть в пределах 1...2 мм и иметь равномерность по всему периметру. Если зазор не укладывается в указанный диапазон, следует провести калибровочный пропил с последующим притуплением кромок. При сборке труб необходимо обеспечить расстояние между заводскими продольными швами не менее 100 мм.

Сварку следует выполнять при положительной температуре воздуха. Работа при сварке трубопровода газорегуляторного пункта предусматривает выполнение стыков в помещении.

Перед сваркой следует провести прихватку стыка, для чего применяются электроды марки LB-52U диаметром 2,6 мм или диаметром 3,2 мм. Выполнение прихваток проводят на тех же режимах, что и выполнение корневого слоя сварного шва. При простановке прихваток расстояние между прихваткой и продольным заводским швом на трубе должно быть не менее 100 мм. При визуальном контроле качества прихваточных соединений к ним предъявляются такие же требования, как и к корневому слою сварного шва. При выполнении прихваток не допускается подкладывать в разделку куски электродов или иной металл. Прихватки должны быть расположены равномерно по периметру трубы, в потолочном положении прихватки не выполняют. После выполнения прихваток их следует зачистить с применением шлифовальной машины.

Перед сваркой следует проводить предварительный подогрев кромок труб с применением газового пламени до температуры 100...130 °С. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. При выполнении корневого слоя шва применяются электроды ОК53.70 или LB-52U диаметром 2,5 мм (тогда ток сварки составляет 70...90 ампер) или диаметром 3,2 мм, тогда ток сварки составляет 80...1230 ампер. После проверки качества выполнения корневого слоя шва выполняют заполняющие слои, для чего применяют сварочные электроды ОК53.70 диаметром 3,2 мм (тогда ток сварки составляет 90...120 ампер) или диаметром 4 мм (тогда ток сварки составляет 130...170 ампер). После заполнения разделки выполняют облицовочный слой электродами ОК52-70 диаметром 3,2 мм (тогда ток сварки составляет 80...110 ампер) или диаметром 4 мм (тогда ток сварки составляет 130...160 ампер). Снятие наружного центризатора допускается при выполнении не менее 60 % корневого слоя шва. Запрещается зажигать и гасить дугу с выводом на основной металл, для этого следует применить поверхность наплавленного металла или поверхность кромок труб. Сварку стыка следует вести без перерывов до полного заполнения разделки. Смещение замков сварного шва должно быть на 30 мм от начала шва и на 70 мм от конца шва.

При выполнении облицовочного слоя необходимо обеспечить перекрытие наплавленного металла на основной металл на 2,5...3 мм во все стороны. Усиление сварного шва должно быть в пределах 1...3 мм. Глубина межвалковой канавки облицовочного шва должна быть не более 1 мм, поверхность сварного шва должна быть равномерной чешуйчатости. Геометрические параметры сварного шва представлены на рисунке 3.

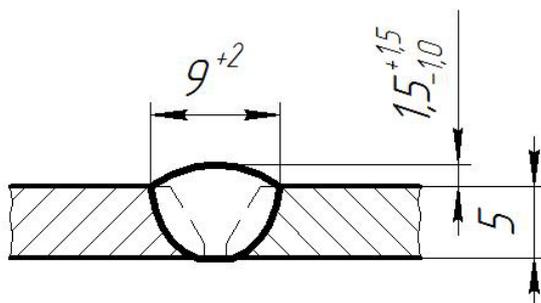


Рисунок 3 – Геометрия сварного шва

При контроле качества визуальный и измерительный контроль проводят на 100 % соединений. При внешнем осмотре сварного шва необходимо обратить на качество выполнения облицовочного слоя, который не должен иметь наплывов на основной металл и подрезов более 0,5 мм. Не допускается наличие на облицовочном слое грубой чешуйчатости, незаваренных кратеров и свищей. Разность между впадиной и выпуклостью облицовочного слоя должна быть не более 1 мм. Необходимо усиление сварного шва в диапазоне 0,5...2 мм. Излишнее усиление должно быть сошлифовано. Единичные поры не должны иметь размеры более 2 мм.

После проведения визуального и измерительного контроля проводят рентгеновский контроль стыков, для чего применяется аппарат рентгеновского контроля РПД-200. Не допускается наличие в сварном шве трещин всех видов и направлений. При рентгеновском контроле не допускаются внутренние поры размером более 1 мм, цепочки пор и шлаковых включений, не допускаются несплавления.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Работа посвящена повышению эффективности операций сварки при строительстве и ремонте технологических трубопроводов. Анализ базовой технологии, в основу которой легла ручная дуговая сварка, установил ряд недостатков, устранение которых обеспечит достижение поставленной цели. Полученные при обучении на кафедре сварки знания и литературные исследования позволили сформулировать исследовательские и технологические задачи для последующего решения в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы. Решение первой задачи предусматривает проведение экспертизы альтернативных способов сварки на предмет эффективности при строительстве и ремонте рассматриваемого технологического трубопровода, на основании которой предстоит выполнить обоснование выбора способа для построения проектной технологии. При решении второй задачи предстоит провести развернутый анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки и предложить технические меры на основании разработок российских ученых в области управления сварочными процессами. При решении третьей задачи предстоит составить перечень операций и сформулировать для них технические требования, назначить оптимальные параметры режима и применяемое оборудование. Кроме того, при выполнении оценочных разделов предстоит рассмотреть предлагаемые решения с точки зрения обеспечения промышленной и экологической безопасности [2], [3], а также провести экономическое обоснование целесообразности внедрения [4], [5]. На основании сравнительной оценки экономических показателей рассматриваемых базовой и проектной технологий ремонтной сварки следует принять решение об эффективности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

2 Выработка и технологическое обоснование решений

2.1 Обоснование выбора способа ремонтной сварки

При построении проектной технологии сварки металлических конструкций значительная роль отводится обоснованию выбора способа сварки. Выбор способа сварки выполняется с учетом таких критериев, как химическая активность материала рассматриваемой сварной конструкции, толщина металла конструкции, конфигурация и протяженность сварных швов и их ориентация в пространстве. При выборе способа сварки предпочтение следует отдавать способам, обеспечивающим механизацию и автоматизацию сварочных процессов, что соответствует тенденции современного производства. Химическая активность рассматриваемой стали позволяет при изготовлении конструкций применять все известные способы сварки, так как ограничения по свариваемости нет. Поскольку сварка выполняется в условиях ремонта трубопровода, возможно положение стыка в различных пространственных положениях, и автоматизировать сварку таких стыков является трудно решаемой задачей, поэтому для сварки целесообразно применять способы с механизацией основных и вспомогательных операций.

«Одним из самых распространенных способов сварки является ручная дуговая сварка, которая характеризуется высокой мобильностью и универсальностью, что позволяет применять её в любых пространственных положениях, это особенно важно при выполнении ремонтной сварки. Построение технологических процессов с применением ручной дуговой сварки имеет ряд недостатков, в современных условиях производства могущих считаться критическими. Первым таким недостатком является низкая стабильность качества сварных соединений, которое в значительной мере зависит от квалификации сварщика, что становится дополнительной проблемой в условиях кадрового голода. Вторым недостатком ручной дуговой сварки является вредность условий труда сварщика, работа которого проходит

в среде сварочных аэрозолей и излучения от дуги» [16], [17]. «Третьим недостатком является значительные потери электродного металла на угар, разбрызгивание и огарки электродов, что в сочетании с необходимостью прерывать процесс сварки на смену электрода отрицательно сказывается на экономических показателях способа. В настоящее время ручная дуговая сварка уступает свои позиции механизированным и автоматическим способам сварки» [6], [7].

«Применение механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения позволяет по сравнению с ручной дуговой сваркой существенно повысить производительность и качество выполняемых работ. При этом частично решается проблема негативного влияния на здоровье сварщика аэрозолей, так как их состав по сравнению со сваркой штучными электродами менее вреден. Поскольку при сварке в защитных газах расплавленный металл сварочной ванны характеризуется большей, по сравнению с ручной дуговой сваркой вязкостью, упрощается стабилизация положения сварочной ванны при различных пространственных ориентациях, при этом становится возможной сварка в потолочном положении. Повышение производительности механизированной сварки в защитных газах по сравнению с ручной дуговой сваркой достигается отсутствием необходимости замены электрода и очистки поверхности шва от шлака. При построении технологии с применением сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения необходимо принимать во внимание ряд недостатков, устранение которых в настоящий момент выполнено не до конца» [14]. «Во-первых, при сварке наблюдается повышенное разбрызгивание электродного металла, что делает необходимым трудоемкую зачистку поверхности деталей, так как прилипшие брызги расплавленного металла ухудшают внешний вид и становятся очагами коррозии. Во-вторых, при сварке в защитных газах из-за повышенной вязкости расплавленного металла увеличивается вероятность появления в сварном шве трещин, ухудшаются условия отхождения из сварочной ванны газов. Указанные проблемы сварки в защитных газах

решаются применением импульсного управления, реализованного в современных сварочных источниках» [14].

«Сочетание положительных моментов, присущих ручной дуговой сварке и механизированной сварке в защитных газах, достигается при сварке порошковой самозащитной проволокой» [15]. «По сравнению со сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения решается проблема образования трещин и несплавлений, устраняются затруднения, связанные с изготовлением легированной проволоки, так как состав порошкового наполнителя может изменяться в широком диапазоне, что позволяет регулировать состав наплавленного металла. В числе недостатков сварки самозащитными проволоками следует указать повышенную мягкость проволоки, в результате чего существенно увеличивается частота заломов и застреваний в подающих механизмах. Также следует принять во внимание повышенную текучесть расплавленного шлака и металла сварочной ванны, из-за чего повышаются требования к сборке и подготовке кромок, ухудшаются условия формирования корневого слоя шва. Для сварки порошковой проволокой характерна неравномерность нагрева проволоки по сечению, в результате чего часть нерасплавившегося шлака просыпается в сварочную ванну и становится причиной образования пор и шлаковых включений» [15].

На основании проведенного анализа преимуществ и недостатков рассмотренных способов сварки, которые могут быть применены, для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Устранение описанных выше недостатков данного способа сварки в условиях производства «предлагается выполнить за счёт разработок российских исследователей-сварщиков в области импульсного управления переносом электродного металла. такие разработки направлены на расширение технологических возможностей используемых в настоящий момент на предприятии стандартных сварочных источников питания за счёт их модернизации с применением предлагаемых схем управления» [9].

2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах

Начиная с внедрения механизированной сварки в защитных газах в производство проводились исследования по расширению технологических возможностей этого способа сварки, направленные на уменьшение разбрызгивания электродного металла и улучшение формирования металла сварного шва. В 60-годы прошлого века предложены методы импульсного управления процессом сварки, предусматривающие реализацию алгоритмов управления током и напряжением по временным промежуткам [8], [9].

Внедрение в производство сварочного оборудования, в частности, источников питания, быстродействующих полупроводниковых элементов, которые в настоящее время составляют основу элементной базы при производстве логических схем управления технологическими процессами, позволило реализовать более сложные алгоритмы управления горением сварочной дуги и переносом электродного металла. При этом стало возможным от программного регулирования, предусматривающего предварительное задание временных импульсов, перейти к адаптивному управлению, позволяющему задавать управляющие сигналы по параметрам обратной связи, характеризующим процесс сварки, с возможностью подстройки управляющих воздействий под особенности протекания процесса каплепереноса, обеспечивая тем самым оптимальное протекание процесса формирования сварного соединения.

На рисунке 4 представлены виды и особенности переноса электродного металла при сварке, которые были определены благодаря интенсивным исследованиям в этом направлении, проведенным российскими и зарубежными исследователями. Первым типом переноса является крупнокапельный перенос, который может как сопровождаться короткими замыканиями электродной проволоки на сварочную ванну через каплю расплавленного металла, так и проходить без коротких замыканий. Вторым типом переноса является мелкокапельный перенос, протекание которого не

характеризуется образованием момента короткого замыкания дугового промежутка через каплю расплавленного металла. Третьим типом переноса электродного металла при сварке является струйный перенос, который может быть как неуправляемым, так и управляемым. Четвертым типом является струйно-вращательный перенос электродного металла.

В настоящее время значительный интерес представляет импульсно-дуговая сварка, область режимов которой представлена на рисунке 4 в виде прерывистой линии и захватывает зону крупнокапельного переноса, мелкокапельного переноса и струйного переноса. Применение импульсного управления позволяет вести сварку в зависимости от реальных условий протекания процесса плавления и переноса электродного металла, обеспечивая тем самым требуемые особенности протекания сварки.

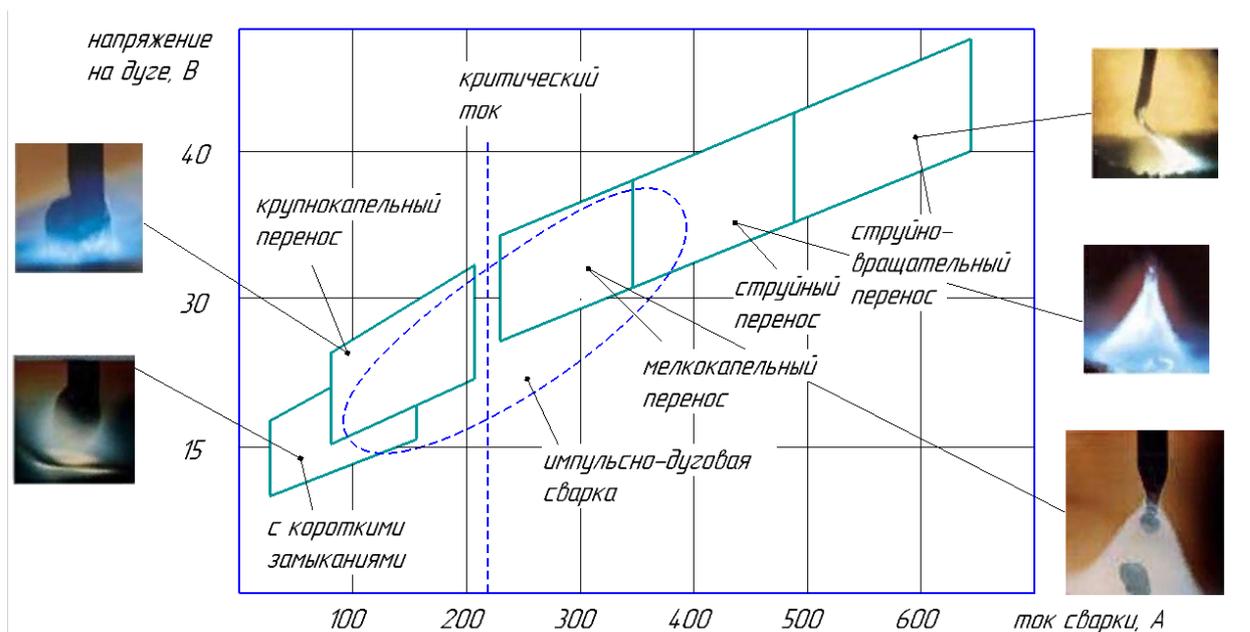


Рисунок 4 – Особенности и виды переноса электродного металла при сварке

Реализация алгоритмов сварки с импульсным управлением требует учета ряда особенностей протекания процесса по сравнению с консервативной сваркой [13]. Подача управляющих импульсов происходит через временные интервалы, обеспечивающие частоту следования в диапазоне 30...330 Гц, что предъявляет соответствующие требования к оборудованию по скорости обработки сигнала обратной связи и выработки управляющего воздействия. За

один импульс сварочного тока в сварочную ванну подается одна капля расплавленного металла. Ток дежурной дуги устанавливается на уровне 30 ампер, при этом на него в процессе сварки накладывается серия импульсов тока амплитудой порядка 1200 ампер с длительностью в диапазоне 2,5...10 мс. На рисунке 5 представлена форма импульсов тока и напряжения при сварке импульсной дугой. Ток дежурной дуги устанавливается на уровне 30 ампер, при этом на него в процессе сварки накладывается серия импульсов тока амплитудой порядка 1200 ампер с длительностью в диапазоне 2,5...10 мс. При этом важно обеспечить требуемую скорость нарастания импульса сварочного тока, которая должна лежать в диапазоне 50000...100000 ампер в секунду.

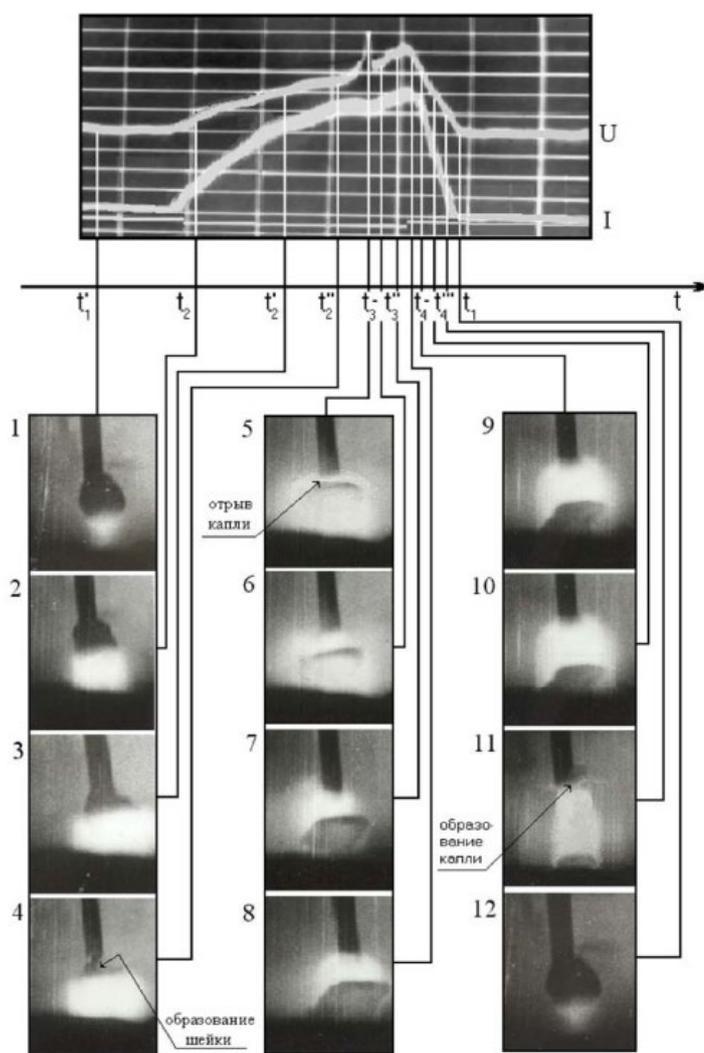


Рисунок 5 - Форма импульса тока и напряжения при сварке импульсной дугой [10]

При переходе капли расплавленного металла в сварочную ванну, скорость капли может достигать 3 метров в секунду. Вследствие динамического действия сварочной дуги на поверхность расплавленного металла происходит его интенсивное перемешивание, что способствует полноте протекания процесса эвакуации растворенных в расплавленном металле газов. При этом за счёт прогрева свариваемых кромок ширина разделки деталей под сварку может быть уменьшена до 10...13 мм, что позволяет существенно уменьшить количество наплавляемого металла и повысить скорость сварки. Также за счёт уменьшения перегрева и импульсного характера воздействия на поверхность сварочной ванны обеспечивается измельчение структуры металла сварного шва. Также следует принимать во внимание высокую стабильность дуги, которая горит под импульсным управлением, что существенно упрощает её ведение, снижает утомляемость сварщика и в конечном итоге повышает производительность и качество сварки.

На рисунке 6 представлена компоновка комплекса по изучению особенностей импульсного управления сварочной дугой и реализации различных алгоритмов импульсного управления [11], в состав которого входит стандартный сварочный выпрямитель, в качестве которого в работе предлагается применить ВДУ-504, на компоновочной схеме обозначенный позицией 1. Для реализации различных алгоритмов импульсного управления предлагается разработанный авторами формирователь импульсов ИРС-1200АДМ, на компоновочной схеме обозначенный позицией 2. Для задания управляющего алгоритма и связи с пользователем служит обозначенный на схеме позицией 3 блок управления БАРС-2В. Для перемещения сварочной дуги относительно изделия служит голова ГСП-2 с автоматическим перемещением, которая на схеме обозначена позицией 4. Для подсветки зоны сварки служит дуговой прожектор КПТ-2, который на функциональной схеме обозначен позицией 5. Фиксирование процессе формирования и переноса капли электродного металла в сварочную ванну выполняется с применением

кинокамеры СКС-1М, которая на функциональной схеме обозначена позицией 6. Фиксирование электрических сигналов выполняется с применением осциллографа, который на функциональной схеме обозначен позицией 7. Установка элементов сварочного оборудования происходит на металлическом каркасе, обозначенном на функциональной схеме позицией 8. Совместная работа элементов комплекса управляется с пульта 9. Связь датчиков, фиксирующих устройств, силовых устройств комплекса осуществляется через комплект проводов, обозначенных на схеме позицией 10.

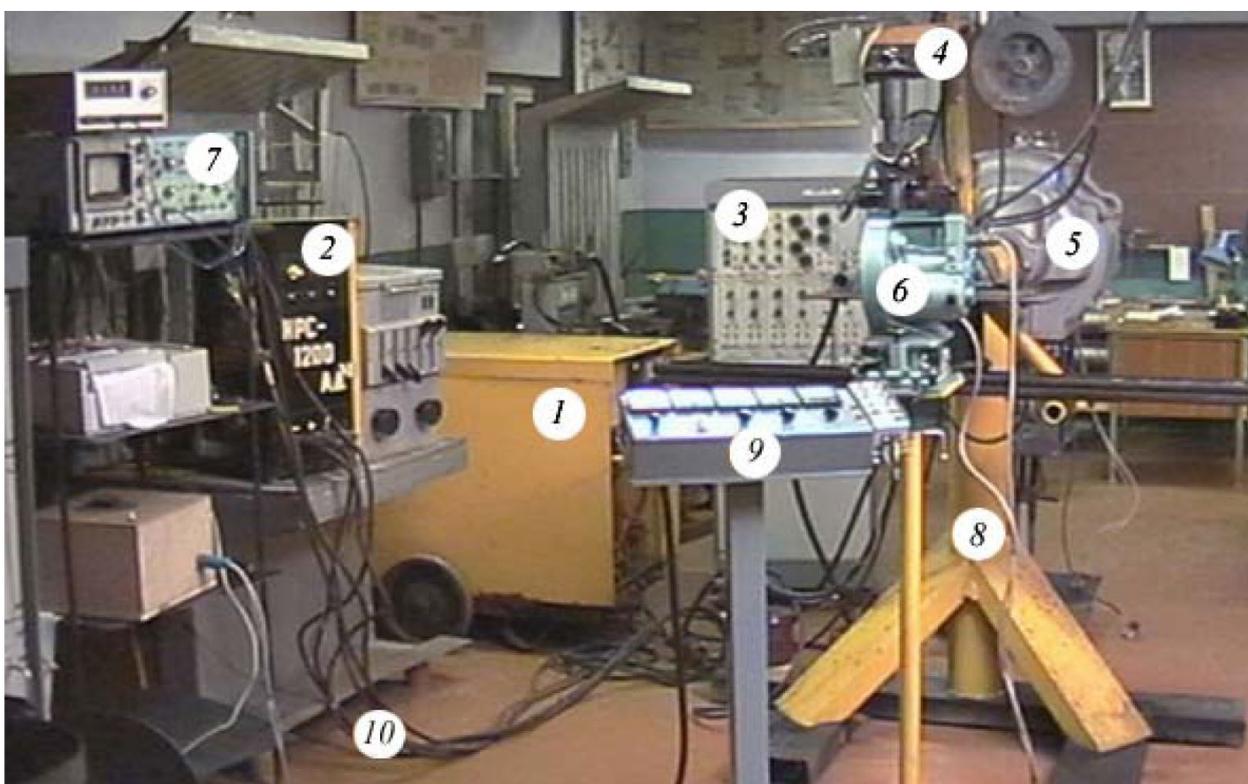


Рисунок 6 – Комплекс для исследования особенностей импульсного управления сваркой в защитных газах

Российскими исследователями предложен способ импульсного управления дугой при механизированной сварке в защитных газах [12], успешная реализация которого прошла на ряже машиностроительных и трубопроводостроительных предприятий. Горение дуги с обратными связями по току и напряжению позволяет сформировать осциллограмму,

представленную на рисунке 7. «На временном промежутке t_1-t_2 сварочная дуга горит на минимальном токе, сила которого составляет 15...40 ампер. На промежутке t_2-t_3 происходит вытягивание капли металла в стороны сварочной ванны, в момент времени t_3 капля металла отрывается и перемещается в сварочную ванну. На промежутке t_3-t_4 на конце электрода формируется новая капля расплавленного металла» [12].

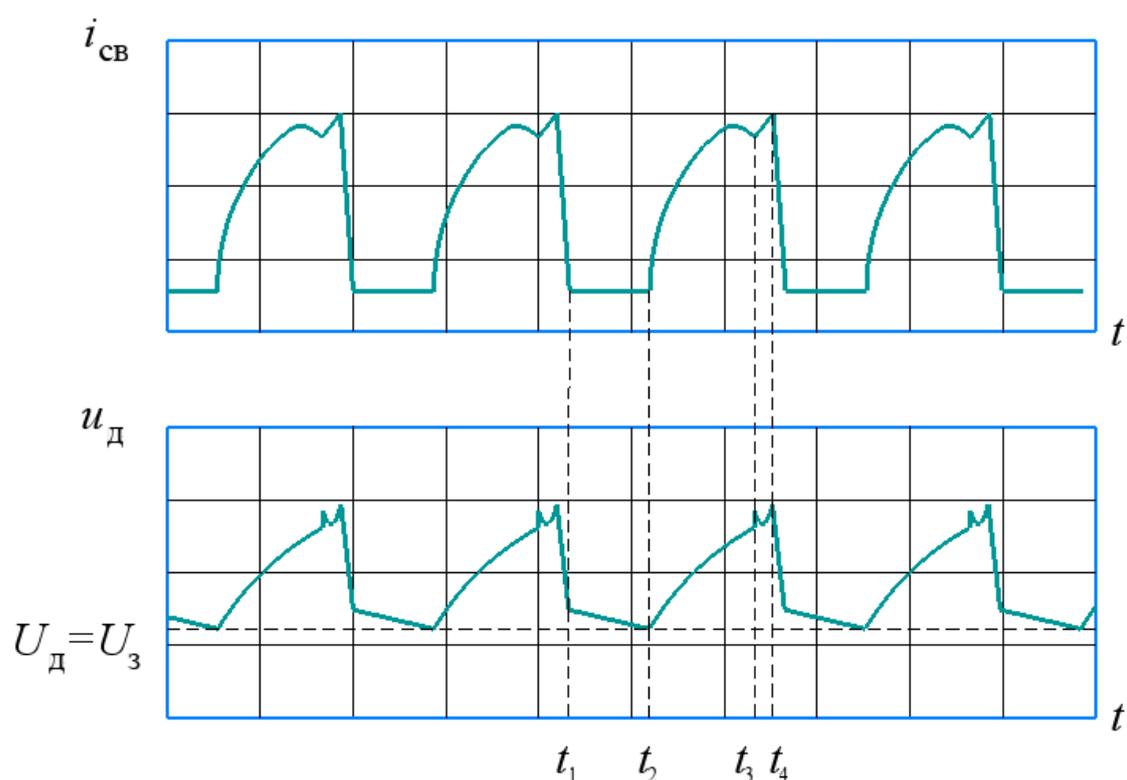


Рисунок 7 – Форма импульсов тока и напряжения при реализации импульсного управления с применением предлагаемого способа [12]

Применение предлагаемого алгоритма управления дугой по сравнению с консервативным подходом, предусматривающим применение стационарных электрических параметров горения дуги, позволяет в несколько раз уменьшить разбрызгивание металла, устраняя негативное действие этого явления на формирование соединения. Импульсное ударное действие дуги на поверхность сварочной ванны позволяет устранить растворенные в расплавленном металле газы и уменьшить размеры структурных составляющих металла сварного шва, что улучшает его эксплуатационные свойства.

2.3 Описание операций проектного технологического процесса

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение ряда операций, особенности которых представлены дальше по тексту.

Первой операцией является контроль кромок труб. Для этого проводят осмотр состояния поверхности и торцев труб. С использованием шлифовального инструмента убирают такие дефекты, как риски, задиры и царапины, если их глубина не превышает 0,5 мм. Если глубина дефекта не превышает 0,2 мм, то такой дефект не исправляют. При выборке дефекта шлифованием необходимо убедиться, что после шлифования толщина стенки трубы не выходит за минусовой допуск. Если на торце и поверхности труб обнаружены забоины или задиры глубиной до 5 мм, то такой дефект может быть исправлен с применением ручной дугой сварки и электродами марки ОК 53.70 диаметром 3,2 мм, перед проведением ремонтной сварки следует выполнить предварительный подогрев газовым пламенем до температуры 100...130 °С. Если на трубе обнаруживаются вмятины глубиной до 3,5 % от наружного диаметра трубы, то такой дефект может быть исправлен с применением безударного разжимного устройства и предварительного подогрева до 100...150 °С. Если на трубах обнаружены забоины и задиры более 5 мм, надрывы и вмятины более 3,5 % от наружного диаметра, то такие дефекты исправлению не подлежат, а конец трубы с дефектами должен быть отрезан с применением машинной кислородной резки, после которой необходимо проведение ультразвукового контроля торца трубы на глубину 40 мм от обрезанного края. Если в процессе контроля обнаружены расслоения, то конец трубы опять отрезают на 300 мм и снова проверяют с применением визуального и ультразвукового контроля. Прилегающие кромки в внешней и внутренней стороны трубы должны быть зачищены до металлического блеска с применением шлифовальной машины на ширину 15 мм.

Второй операцией является подготовка кромок труб. При подготовке кромок применяется ультразвуковой толщиномер, ультразвуковой

дефектоскоп, универсальный шаблон сварщика, пневматическая шлифовальная машина, штангенциркуль, труборез. Резку труб и подготовку кромок проводим с применением трубореза SD-450, который представлен на рисунке 8. Данный труборез является механическим и позволяет проводить как обрезку торцев труб, так и подготовку их кромок под сборку и сварку. Поскольку резка выполняется с применением механического, электромеханического или пневматического привода, а снятие фаски обеспечивается регулируемыми резцами из быстрорежущей стали, то термическое воздействие на металл трубы минимально, и по сравнению с огневыми способами подготовки кромок обеспечивается максимальная производительность и качество реза при полном отсутствии коробления, остаточных напряжений и теплового повреждения металла. Установка и работа двух резцов позволяет повысить производительность за счёт одновременного отрезания и подготовки кромок. Регулируемое положение режущего инструмента и фиксаторов позволяет выполнять рез и подготовку кромок труб диаметром от 270 до 450 мм.



Рисунок 8 – Труборез SD-450

Третьей операцией проектного технологического процесса является сборка стыка под сварку. Сборку труб выполняют с применением наружного центризатора и контролируют при помощи металлической линейки и шаблона сварщика. Смещение кромок не должно превышать 20 % от толщины стенки трубы. Зазор между стыкуемыми заготовками должен быть в пределах 1...2 мм и иметь равномерность по всему периметру. Если зазор не укладывается в указанный диапазон, следует провести калибровочный пропил с последующим притуплением кромок. При сборке труб необходимо обеспечить расстояние между заводскими продольными швами не менее 100 мм. Для контроля точности сборки применяется универсальный шаблон сварщика и металлическая линейка длиной 400 мм. Для сборки труб предлагается применить представленный на рисунке 9 звенный наружный центризатор ЦЗН-273.



Рисунок 9 – Звенный наружный центризатор ЦЗН-273

Четвертой операцией является сварка, которую выполняем с применением модернизированного сварочного оборудования. Сварка ведется на постоянном токе обратной полярности импульсами частотой 100...200 Гц. Амплитуда сварочного импульса составляет 1200 ампер при среднем значении тока 220...260 ампер. Сила дежурного тока составляет 15...40 ампер. Напряжение на дуге составляет 25...25 вольт.

В качестве сварочной проволоки предлагается применить проволоку SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм производство Lincoln Electric, США, которая представлена на рисунке 10, за счёт состава и обработки поверхности позволяет получать сварные соединения стабильного качества при отсутствии застревания в подающем механизме.



Рисунок 10 – Проволока SuperArc L-56

При контроле качества визуальный и измерительный контроль проводят на 100 % соединений. При внешнем осмотре сварного шва необходимо обратить на качество выполнения облицовочного слоя, который не должен иметь наплывов на основной металл и подрезов более 0,5 мм. Не допускается наличие на облицовочном слое грубой чешуйчатости, незаваренных кратеров и свищей. Разность между впадиной и выпуклостью облицовочного слоя должна быть не более 1 мм. Необходимо усиление сварного шва в диапазоне 0,5...2 мм. Излишнее усиление должно быть сошлифовано. Единичные поры не должны иметь размеры более 2 мм.

Выводы по второму разделу

Настоящий исполнительский раздел выпускной квалификационной работы содержит описание мероприятий, направленных на достижение поставленной цели путем решения ряда ранее сформулированных задач.

В ходе решения первой задачи на основании анализа преимуществ и недостатков способов сварки из ранее сформулированного перечня было выполнено обоснование выбора способа сварки для построения проектной технологии. В качестве альтернативных способов рассматривались ручная дуговая сварка покрытым электродом, механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах и механизированная сварка порошковой проволокой. Экспертная оценка эффективности применения рассматриваемых способов позволила применить для составления проектной технологии механизированную сварку в защитных газах.

В ходе решения второй задачи были предложены мероприятия по повышению эффективности выбранного способа сварки. на основании достижений российских ученых в области управления сварочными процессами предложена схема сварочного комплекса, реализующего алгоритмы импульсного управления переносом электродного металла. Достигнутый технологический эффект заключается в уменьшении разбрызгивания, повышении производительности, уменьшении размеров структурных составляющих металла сварного шва и полноте удаления растворенных в сварочной ванне газов.

В ходе решения третьей задачи составлен перечень операций технологического процесса, выбрано оборудование для их реализации и сформулированы требования к их выполнению.

Дальнейшие работы следует проводить в направлении обоснования промышленной и экологической безопасности предлагаемых решений [18], [19]. Также следует провести экономическое обоснование, что позволит сделать вывод о целесообразности внедрения предлагаемых решений в производство [20], [21].

3 Промышленная и экологическая безопасность предлагаемых решений

3.1 Исходные данные для экологического раздела

Выпускная квалификационная работа содержит набор решений, направленных на повышение эффективности процессов сварки при строительстве и ремонте технологических трубопроводов. Применение предлагаемых решений в производство позволяет получить технологический эффект, выражающийся в повышении производительности и качества выполняемых работ, однако этого недостаточно для того, чтоб дать рекомендацию для внедрения на современном производстве. Для этого следует провести детальную оценку проектируемого производственного участка на предмет безопасности труда и экологической безопасности. При реализации проектной технологии операции могут быть укрупненно представлены в виде четырех позиций, особенности которых представлены в таблице 2. Первая укрупненная операция предусматривает проведение подготовки кромок, которая выполняется с привлечением слесаря-сборщика и предусматривает применение механического трубореза, разжимного приспособления, ультразвукового дефектоскопа, ультразвукового толщиномера, источника питания сварочной дуги и газовой аппаратуры. Вторая укрупненная операция предусматривает проведение сборки труб под сварку, для чего привлекается слесарь-сборщик, применяется центратор и измерительное оборудование. Третья укрупненная операция предусматривает сварку стыка, для чего привлекается сварщик, применяется модернизированный сварочный выпрямитель, дополнительно оснащенный формирователем импульсов, газовая аппаратура, механизм подачи сварочной проволоки, зачистное оборудование. Четвертая операция предусматривает проведение контрольных операций и выполняется дефектоскопистом с применением рентгеновского дефектоскопа и набора визуального контроля.

Таблица 2 – Особенности укрупненных операций технологического процесса

Наименование операции	Персонал	Оборудование и материал
Подготовка кромок	Слесарь-сборщик	Механический труборез, разжимное приспособление, ультразвуковой дефектоскоп, ультразвуковой толщиномер, источник питания сварочной дуги, газовая аппаратура
Сборка	Слесарь-сборщик	Центратор, измерительное оборудование
Сварка	Сварщик	Сварочный выпрямитель, формирователь сварочных импульсов, газовая аппаратура, механизм подачи проволоки, зачистное оборудование
Контроль качества	Дефектоскопист	Аппарат рентгеновского контроля, набор визуального и измерительного контроля

Анализ обеспечения безопасности персонала при выполнении рассматриваемого процесса требует проведения идентификации негативных производственных факторов, которые следует указать для каждой выполняемой операции.

3.2 Идентификация негативных производственных факторов

При выполнении операций на производственном участке персонал подвергается действию факторов, источниками которых выступает применяющееся оборудование и приспособления, условия выполнения операций процесса. Такие факторы могут проявлять себя как в краткосрочной перспективе, вызывая резкое ухудшение состояния персонала или повышая вероятность гибели и травмы, эти факторы следует отнести к опасным. Также существуют факторы, действие которых на персонал в длительной перспективе могут привести к ухудшению их здоровья или самочувствия, такие факторы следует отнести к вредным. Нейтральные факторы, которые никак не отражаются на состоянии персонала, в настоящем разделе не рассматриваются. Применительно к рассматриваемым операциям проектного технологического процесса для каждой операции могут быть сформулированы типовые негативные (вредные или опасные) производственные факторы,

которые сведены в таблицу 3, что позволяет систематизировать их и для каждого фактора, или их группе, предложить стандартные средства по обеспечению безопасности персонала предприятия. При этом следует принимать во внимание, негативные факторы при совместном действии могут усиливать друг друга, поэтому результат их негативного проявления может оказаться больше простой суммы проявлений от каждого фактора в отдельности. Также необходимо принимать кумулятивный эффект, выраженный в скрытом накоплении негативного действия, проявляющийся в острой фазе через некоторое время после начала действия фактора.

Таблица 3 – Негативные факторы для операций рассматриваемого технологического процесса

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
Подготовка кромок	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования
Сборка	<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
Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - рентгеновское излучение

При рассмотрении средств по защите от негативных производственных факторов предпочтение следует отдавать стандартным решениям, для которых следует оценивать эффективность применения на производстве.

3.3 Меры по обеспечению безопасности персонала от негативных производственных факторов

Для обеспечения защиты от опасных и вредных производственных факторов предложены меры, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Средства обеспечения промышленной безопасности

Формулировка негативного фактора	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	организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности; оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками; устройства защитного отключения привода станков; 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	контроль изоляции и заземления; организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности; защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности; оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений; защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений; защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
8) рентгеновское излучение	Ограничение времени действия фактора, защита персонала расстоянием	Специальная одежда,

«Далее требуется провести генерацию решений, направленных на устранение действия этих факторов на персонал предприятия. При выработке решений следует основной упор сделать на стандартные средства из арсенала современного производства» [19], применение которых позволит обеспечить требуемый уровень безопасности. В противном случае может потребоваться разработка специальных средств защиты. Предлагаемый набор средств обеспечивает эффективную защиту персонала при условии соблюдения трудовой дисциплины и комплексного обеспечения безопасности труда, предусматривающей использование наиболее эффективных средств и методик на всех уровнях производства. Особое внимание следует уделять поддержанию порядка на рабочем участке, так как его захламенение и загрязнение приводит к снижению культуры производства с вытекающим из этого небрежным отношением к выполнению обязанностей. Также следует особо подчеркнуть запрет на работу с применением неисправного оборудования, в противном случае повышается опасность получения персоналом травм. Периодический инструктаж по технике безопасности позволяет поддерживать готовность персонала предприятия к оказанию первой помощи, предотвращению производственного травматизма. Также следует признать, что применение средств индивидуальной защиты, которые сертифицированы и прошли проверку работоспособности, позволяет существенно уменьшить действие негативных факторов на персонал предприятия, поэтому такие средства должны всегда присутствовать в необходимом количестве на производственном участке. Также производственный участок должен быть снабжен средствами оказания доврачебной помощи, а сотрудники предприятия должны знать, где они находятся и уметь оказывать доврачебную помощь. Только при соблюдении всех перечисленных условий обеспечивается комплексная защита персонала предприятия от действия опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают рассматриваемый технологический процесс.

3.4 Пожарная безопасность производственного участка

При выполнении операций, связанных с применением сварочных технологий, приходится считаться с наличием открыто горящей сварочной дуги. Кроме того, нагретые кромки изделия и разлетающиеся при сварке искры также могут послужить причиной возгорания на объекте. Помимо этого, проектный технологический процесс предусматривает применение оборудования для термической обработки деталей, работа которого также сопряжена с опасностью возникновения пожара. «Поскольку на объекте присутствует оборудование, подключаемое к электрической сети напряжением 380 вольт, то нарушение нормальной работы такого оборудования не только становится причиной возгорания, но и усугубляет протекание пожара, осложняя его тушение. В таблице 5 представлена идентификация класса пожара, возникновение которого на рассматриваемом производственном участке следует предотвратить» [19].

Таблица 5 – Идентификация класса пожара на рассматриваемом производственном участке

Наименование участка	Участок ремонтной сварки газопровода
Наименование оборудования	Инструмент для подготовки кромок труб, сборочное приспособление, источник питания, устройство формирования сварочных импульсов, механизм подачи проволоки, газовая аппаратура, оборудование для термической обработки, зачищающее оборудование, оборудование для контроля качества
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	Выгорание кислорода и удушение персонала, разлетающиеся при пожаре искры и пламя, нагрев воздуха и тепловое действие на персонал, ухудшение видимости вследствие задымления
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткое замыкание, поражение персонала электрическим током, выделяющиеся при горении токсичные вещества, повреждение персонала в результате падения на него разрушающихся конструкций здания, возникновение паники и нарушение вследствие этого проводимых спасательных мероприятий

В случае возникновения на производственном участке пожара он может быть отнесен к классу «Е», что подразумевает помимо стандартных опасных факторов пожара присутствие опасного уровня напряжения. Для устранения негативных факторов такого пожара должны применяться средства, сведенные в таблицу 6.

Таблица 6 – Средства по устранению опасных факторов пожара на рассматриваемом участке

«Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [23]	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

«При обеспечении пожарной безопасности следует учитывать, что существенное повышение опасности возникновения пожара происходит по причине захламления и загрязнения участка. Также следует принимать во внимание, что пожар намного проще и выгоднее предотвратить, чем потушить» [24], поэтому особое внимание необходимо уделить соблюдению трудовой дисциплины и поддержанию в рабочем состоянии первичных средств тушения пожара. «Каждый сотрудник должен быть ознакомлен с порядком действий при пожаре и быть готовым к его первичному тушению. Эвакуационные выходы не должны быть закрыты и захламлены. Периодический инструктаж по обеспечению пожарной безопасности должен проводиться с персоналом предприятия» [24].

3.5 Экологическая безопасность производственного участка

Помимо проведения мероприятий по обеспечению безопасности персонала при построении технологических процессов необходимо предусматривать минимальное отрицательное действие на окружающую среду. Сварочное производство характеризуется факторами, действие которых существенно ухудшает состояние окружающей среды, отрицательно влияя на все её составляющие: атмосферу, гидросферу и литосферу. Для предотвращения этого следует предусмотреть проведение мероприятий, сведенных в таблицу 7.

Таблица 7 – Мероприятия по обеспечению охраны составляющих окружающей среды от негативных факторов производственного участка

Участок	Участок сварки газопровода
Защита атмосферы	Применение фильтрующих устройств, устанавливаемых в воздухопроводы фильтрационной системы, который по мере наполнения опорожняются и позволяют утилизировать компоненты. Накопленный на участке производственный мусор должен быть переработан соответствующим образом, запрещено его сжигание. Персонал предприятия должен проходить периодический инструктаж по соблюдению требований экологической безопасности.
Защита гидросферы	Техническая вода, которая используется для промывки элементов и охлаждения технологического оборудования, должна проходить очистку, позволяющую её повторное использование в технических нуждах. Сливать в канализацию жидкие отходы производства запрещается.
Защита литосферы	На территории предприятия необходимо организовать сбор и сортировку мусора, что позволит уменьшить загрязнение литосферы и позволит в дальнейшем проводить его переработку. Захоронение мусора и неконтролируемый его выброс запрещены. Следует проводить периодический инструктаж персонала по необходимости соблюдения культуры накопления мусора и его переработки.

Применение предлагаемых мер позволяет существенно уменьшить отрицательное действие негативных факторов сварочного производства на окружающую среду. Следует принимать во внимание, что ожидаемый эффект заключается в уменьшении отрицательного действия, а для устранения потребуется дальнейшая проработка экологических решений и выход в этом направлении на новый технологический уровень.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел посвящен мероприятиям, направленным на обеспечение защиты персонала от действия негативных производственных факторов и защиту окружающей среды от действия негативных экологических факторов. Промышленная безопасность предполагает защиту персонала предприятия от действия негативных производственных факторов, которые были идентифицированы по результатам анализа проектного технологического процесса. Установлено, что предлагаемые в разделе аппаратные и организационные средства позволяют эффективно защитить персонал при условии комплексного применения, при этом обязательно соблюдение требований производственной безопасности и оснащение персонала эффективными средствами индивидуальной защиты. Производственный участок должен быть снабжен средствами оказания доврачебной помощи, а сотрудники предприятия должны знать, где они находятся и уметь оказывать доврачебную помощь. Только при соблюдении всех перечисленных условий обеспечивается комплексная защита персонала предприятия от действия опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают рассматриваемый технологический процесс. Также в работе рассматривались вопросы, связанные с обеспечением пожарной безопасности, для которой предложен перечень мероприятий, в числе которых значительное внимание следует уделить предупредительным мерам, заключающимся в повышении трудовой дисциплины и способности персонала предприятия выполнять мероприятия по первичному тушению пожара.

Применение предлагаемых мер позволяет существенно уменьшить отрицательное действие негативных факторов сварочного производства на окружающую среду. Следует сделать вывод о возможности реализации технологии с соблюдением требований промышленной безопасности и экологических норм.

4 Обоснование экономической эффективности предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для выполнения экономического раздела

Настоящая выпускная квалификационная работа направлена на повышение эффективности сварочных операций при строительстве и ремонте газопроводов. В первом разделе выполнена постановка задач на выработку технических решений, направленных на повышение эффективности сварочных работ. При выполнении второго раздела представлены сами решения. В частности, выполнено обоснование замены способа сварки, предложены меры по расширению его технологических возможностей и составлена проектная технология. Доказанным технологическим эффектом является повышение производительности работ и качества сварного соединения. Кроме того, применение импульсного режима сварки позволяет повысить эксплуатационные свойства сварного соединения, что положительно сказывается на ресурсе трубопровода после проведения ремонтных работ. Для того, чтобы рекомендовать предлагаемые решения к внедрению технологического эффекта недостаточно, так как при расчётах необходимо учитывать затраты на реализацию решений в условиях современного производства, что может отрицательно сказаться на перспективах внедрения. Экономическое обоснование целесообразности внедрения в производство предлагаемых решений должно быть основано на расчётах, позволяющих провести прогнозирование изменения экономических показателей производства с последующим расчетным определением годового эффекта с учётом необходимых издержек.

Для расчёта в таблице 8 представлены данные по базовой и проектной технологиям, а также описание и значение основных коэффициентов, которые будут в последующем использованы в формулах для экономических расчётов.

Таблица 8 – Данные для расчета экономических показателей производства

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Принимаемое значение по варианту технологии	
			базовый	проектный
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	2	2
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	250	250
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.	500 тыс.	730 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	20	30
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	5,85	5,85
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	м ²	20	20
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/м 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» [21]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

«Применение в проектной технологии наукоемких решений предполагает капитальные затраты, которые должны учитываться при расчётах. Таким образом, необходимо рассмотреть все преимущества проектной технологии по сравнению базовой» [21] и вынести взвешенное решение по рекомендации к внедрению и направлениям дальнейшего исследования.

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Основной параметр рассматриваемого производства, который будет использован практически во всех основных экономических формулах при последующем расчете, это эффективный фонд времени работы оборудования $F_э$, который следует определить расчётным путем исходя из особенностей рассматриваемого производственного участка. Значение $F_э$ вычисляется исходя из годового фонда времени $F_н$ с учётом коэффициента потерь рабочего времени B , который для рассматриваемого производства принимается равным $B=0,07$. С учётом высокой загрузки рассматриваемого ремонтного предприятия принимается количество рабочих смен $K_{см}=2$ продолжительностью каждая $T_{см}=8$ часов. В году принимается $D_р=277$ полных рабочих дней и $D_п=7$ сокращенных рабочих дней, когда продолжительность рабочей смены уменьшается на $T_п=1$ час. С учётом этих показателей годовой фонд времени составит

$$F_н = (D_р \cdot T_{см} - D_п \cdot T_п) \cdot K_{см} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ часов.} \quad (1)$$

Учёт потерь рабочего времени позволяет задать величину эффективного фонда рабочего времени. Это реальное количество времени, в течение которого работники заняты исполнением своих обязанностей, по причине неявок, простоев, поломок, прогулов и других негативных ситуаций эффективный фонд времени оказывается несколько меньше годового фонда времени работы оборудования приблизительно на 7 %. С учётом вышеизложенного следует принять для последующих расчётов:

$$F_э = F_н(1-B) = 4418 \cdot (1 - 0,07) = 4108 \text{ часов.} \quad (2)$$

Таким образом, для дальнейших расчётов следует принять значение эффективного фонда рабочего времени $F_э= 4108$ часа, что в последующем позволит планировать численность персонала и количество технологического оборудования для выполнения годовой программы.

4.3 Штучное время и годовая программа

Для выполнения операций при реализации проектного технологического процесса затрачивается некоторая часть рабочего времени, которая носит название штучное время и применяется для того, чтобы обеспечить правильное нормирование труда, расчёт вспомогательных затрат, заработной платы и годовой программы. Для расчёта штучного времени следует определить значение его составляющих. Первой такой составляющей является оперативное время, основное время или машинное время $t_{\text{маш}}$ – это количество времени, которое затрачивается непосредственно на то, что выполнить основные операции (сварка, термическая обработка, контроль качества). Второй составляющей является вспомогательное время $t_{\text{всп}}$, которое затрачивается на то, чтобы выполнить такие операции, как установка деталей, их фиксирование, подготовка кромок и т.д. Третья составляющая – это «время на обслуживание рабочего места $t_{\text{обсл}}$, которое затрачивается на такие операции, как подготовка и настройка источника питания, регулировка подачи защитного газа и т.д. Четвертая составляющая – это время на личный отдых $t_{\text{отд}}$, которое затрачивается на реализацию физиологических потребностей персонала» [21]. Пятая составляющая – это подготовительно-заключительное время $t_{\text{пз}}$, затрачиваемое на получение и осмысление рабочего задания, сдачу выполненной работы. Расчёт штучного времени проводится следующим образом:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} + t_{\text{пз}} . \quad (3)$$

С учётом особенностей выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологического процесса для базовой технологии принимаем значение штучного времени $t_{\text{шт}} = 5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 6,3$ часа. Для проектного варианта принимаем $t_{\text{шт}} = 3 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3,8$ часа.

Годовая программа может быть расчётным путем определена как

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

С учётом особенностей базовой и проектной технологии получаем значение годовой программы для базового варианта $\Pi_{\Gamma} = 4108/6,3 = 652$, для проектного варианта $\Pi_{\Gamma} = 4108/3,8 = 1081$. Исходя из возможностей и потребностей рассматриваемого производства для значения годовой программы принимаем $\Pi_{\Gamma} = 600$ стыков в год.

Расчёт необходимого для выполнения годовой программы технологического оборудования проводится в учётом коэффициента выполнения нормы, принимаемого $K_{\text{вн}} = 1,03$ следующим образом:

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

При реализации базовой технологии выполнение годовой программы потребует применения $n_{\text{расч}} = 6,3 \cdot 600 / (4108 \cdot 1,03) = 0,9$ единиц оборудования. При реализации проектной технологии выполнение годовой программы потребует применения $n_{\text{расч}} = 3,8 \cdot 600 / (4108 \cdot 1,03) = 0,5$ единиц оборудования. Поскольку количество оборудования выражается натуральным числом, то для базового и проектного вариантов принимаем $n_{\text{расч}} = 1$. Далее проводим расчёт коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$, значение которого позволяет оценить интенсивность использования оборудования на рассматриваемом предприятии. Расчёт $K_{\text{з}}$ проводим как

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

С учётом ранее полученных значений для базового варианта получаем значение $K_{\text{з}} = 0,9/1 = 0,9$, для проектного варианта получаем $K_{\text{з}} = 0,5/1 = 0,5$.

Меньшее значение коэффициента загрузки оборудования для проектного варианта технологии отвечает полученному технологическому эффекту, выраженному в повышении производительности труда. При этом ожидается уменьшение капитальных затрат и затрат на амортизацию оборудования при реализации проектной технологии.

4.4 Расчёт заводской себестоимости

Для расчёта заводской себестоимости проведения работ по базовому и проектному вариантам технологического процесса необходимо провести расчёт её составляющих.

Первая составляющая – затраты на сварочные материалы M , которые исходя из особенностей рассматриваемого производства вычисляются по формуле

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

Для базового варианта с применением ручной дуговой сварки получаем величину затрат на материалы $M = 27 \cdot 11,075 \cdot 1,05 = 314$ рублей. Для проектного варианта получаем $M = (15,1 \cdot 6,8 + 6,0 \cdot 12,6) \cdot 1,05 = 178$ рублей.

Следующая составляющая себестоимости – это фонд заработной платы ФЗП, для расчётного определения которого случит величина основной заработной платы $Z_{осн}$ с учётом коэффициента доплат $K_d = 1,88$. Расчёт ведется как

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

Для базового варианта значение основной заработной платы составляет $Z_{осн} = 6,3 \cdot 250 \cdot 1,88 = 2961$ рублей. Для проектного варианта значение основной заработной платы составляет $Z_{осн} = 3,8 \cdot 250 \cdot 1,88 = 1786$.

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ рассчитывается с учетом коэффициента дополнительных затрат $K_{доп} = 0,12$. Расчёт ведется по формуле

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

«Для базового варианта технологии получаем значение дополнительной заработной платы $Z_{доп} = 2961 \cdot 12/100 = 355$ рублей. Для проектного варианта технологии получаем $Z_{доп} = 1786 \cdot 12/100 = 214$ рублей.

Значение фонда заработной платы ФЗП для рассматриваемых вариантов технологии определяется как сумма основной и дополнительной заработной платы:

$$\text{ФЗП} = \text{З}_{\text{осн}} + \text{З}_{\text{доп}}. \quad (10)$$

Для базового варианта значение фонда заработной платы составляет $\text{ФЗП} = 2961 + 355 = 3316$ рублей. Для проектного варианта значение фонда заработной платы составляет $\text{ФЗП} = 1786 + 214 = 2000$ рублей» [21]. По сравнению с базовым вариантом технологии проектный вариант позволяет уменьшить фонд заработной платы, что достигается за счёт уменьшения штучного времени, поэтому предлагаемые технические решения не приводят к уменьшению заработной платы, доход работника сохраняется.

Для расчёта отчислений на социальные нужды $\text{О}_{\text{сн}}$ с учётом фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды $\text{К}_{\text{сн}}=0,34$ применяется формула

$$\text{О}_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot \text{К}_{\text{сн}}. \quad (11)$$

Для базового варианта получаем $\text{О}_{\text{сн}} = 3316 \cdot 34 / 100 = 1127$ рублей. Для проектного варианта получаем $\text{О}_{\text{сн}} = 2000 \cdot 34 / 100 = 680$ рублей.

Далее рассчитываем величину амортизационных отчислений $\text{А}_{\text{об}}$, для чего необходимы значения показателей процесса, ранее рассчитанных или взятых из таблицы исходных значений:

$$\text{А}_{\text{об}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot \text{Н}_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{\text{F}_y \cdot 100}. \quad (12)$$

Для базового варианта подстановка позволяет получить величину амортизационных отчислений $\text{А}_{\text{об}} = 500000 \cdot 21,5 \cdot 5 / 4108 / 100 = 130$ рублей. Для проектного варианта расчетное значение амортизационных отчислений составляет $\text{А}_{\text{об}} = 730000 \cdot 21,5 \cdot 3 / 4108 / 100 = 115$ рублей.

Расчёт затрат на электрическую энергию проводится с применением ранее рассчитанных экономических показателей процесса и исходных данных:

$$P_{э\ddot{e}} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э\ddot{e}} / КПД. \quad (13)$$

Для базового варианта затраты на электрическую энергию с учётом подставленных данных составляют $P_{э\ddot{e}} = 20 \cdot 6,3 \cdot 5,85 / 0,7 = 1053$ рублей. Для проектного варианта затраты на электрическую энергию с учётом подставленных значений составляют, $P_{э\ddot{e}} = 30 \cdot 3,8 \cdot 5,85 / 0,85 = 785$ рублей.

Затраты на оборудование $Z_{об}$ определяются путем сложения амортизационных отчислений и затрат на электрическую энергию:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э\ddot{e}}. \quad (14)$$

Для базового варианта затраты на оборудование с учетом ранее полученных значений составляют $Z_{об} = 130 + 1053 = 1183$ рублей. Для проектного варианта затраты на оборудование с учетом ранее полученных значений составляют $Z_{об} = 115 + 785 = 900$ рублей.

«Таким образом, выше были определены значения составляющих технологической себестоимости, которая может быть рассчитана как

$$C_{тех} = M + ФЗП + Осс + Z_{об}. \quad (15)$$

Подстановка известных значений позволяет для базового варианта получить значение технологической себестоимости $C_{тех} = 314 + 3316 + 1127 + 1183 = 5940$ рублей. Подстановка известных значений позволяет для проектного варианта получить значение технологической себестоимости $C_{тех} = 178 + 2000 + 680 + 900 = 3758$ рублей.

Уменьшение технологической себестоимости в проектном варианте достигается за счёт уменьшения основных составляющих, что обеспечено применением более перспективных технологических решений и современного сварочного оборудования.

Величина цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется расчетным путем через определенные ранее значение технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, величины основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициент цеховых расходов $K_{\text{цех}}=1,5$. Для этого применяется формула» [21]:

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

Для базового варианта технологического процесса значение цеховой себестоимости составит $C_{\text{цех}}=5940+1,5 \cdot 2961 = 5940 + 4442 = 10382$ рублей. Для проектного варианта технологии значение цеховой себестоимости составит $C_{\text{цех}}= 3758 + 1,5 \cdot 1786 = 3758 + 2679 = 6437$ рублей.

«Величина заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется расчетным путем через определенные ранее значение цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, величины основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициент заводских расходов $K_{\text{зав}}=1,15$. Для этого применяется формула:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (17)$$

Для базового варианта технологического процесса значение заводской себестоимости составит $C_{\text{зав}} = 10382 + 1,15 \cdot 2961 = 10382 + 3405 = 13787$ рублей. Для проектного варианта технологии значение заводской себестоимости составит $C_{\text{зав}}= 6437+1,15 \cdot 1786 = 6437+2054= 8491$ рублей.

Состав технологической себестоимости в случае реализации базовой технологии и в случае реализации проектной технологии представлен на рисунке 11. В таблице 9 представлены данные для калькуляции заводской себестоимости по составляющим. На рисунке 12 представлена сравнительная структура заводской себестоимости в случае реализации базового варианта технологии и реализации проектного варианта технологии.

В проектном варианте по сравнению с базовым вариантом наблюдается уменьшение цеховой себестоимости и уменьшение заводской себестоимости, что объясняется как уменьшением технологической себестоимости, так и уменьшением цеховых и заводских расходов» [21].

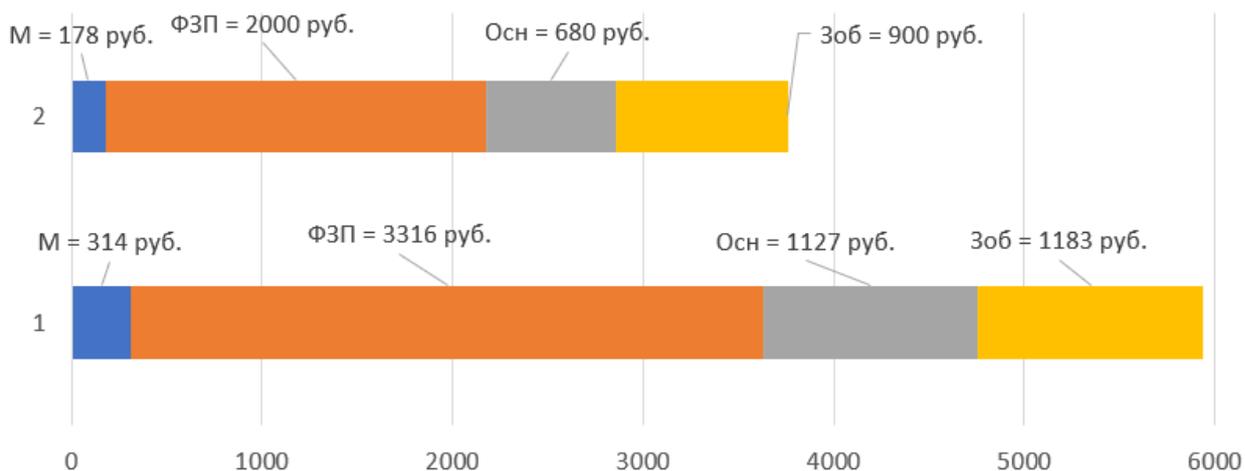


Рисунок 11 – Структура технологической себестоимости

Таблица 9 - Калькуляция заводской себестоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы»	М	314	178
2. Фонд заработной платы	ФЗП	3316	2000
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	1127	680
4. Затраты на оборудование	Зоб	1183	900
5. Технологическая себестоимость	Стех	5940	3758
6. Цеховые расходы	Рцех	4442	2679
7. Цеховая себестоимость	Сцех	10382	6437
8. Заводские расходы	Рзав	3405	2054
9. Заводская себестоимость» [43]	Сзав	13787	8491

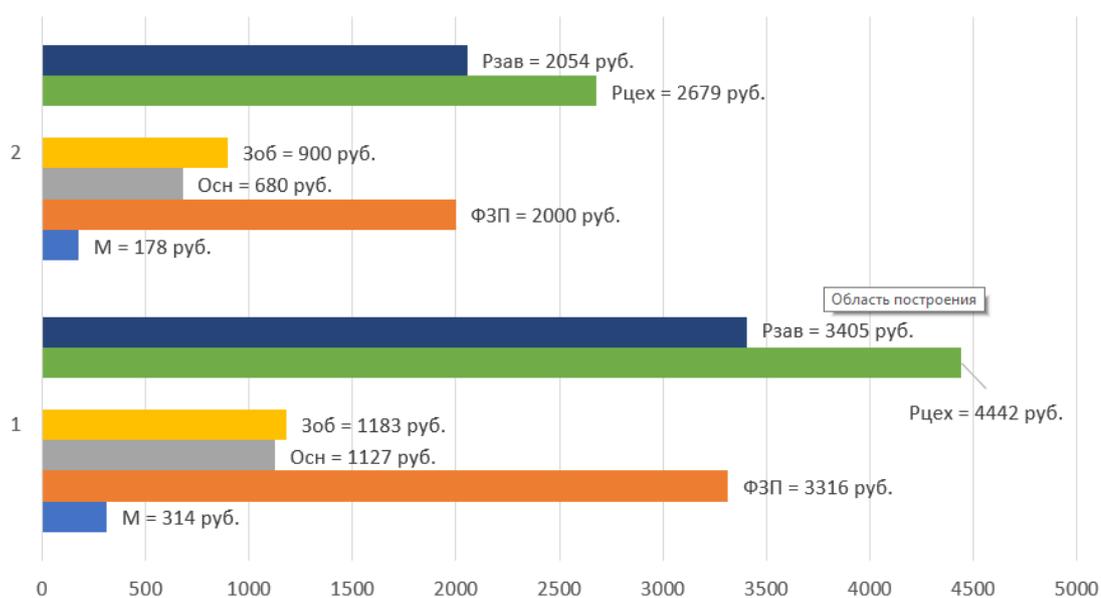


Рисунок 12 – Сравнение составляющих заводской себестоимости

Дальнейшие расчёты изменяющихся экономических показателей, характеризующих работу предприятия при реализации базового технологического процесса и реализации проектного технологического процесса, должны проводиться после вычисления капитальных затрат по базовой и проектной технологиях.

4.5 Капитальные затраты по вариантам технологии

При реализации базовой технологии применялось технологическое оборудование, которое при переходе на проектный «технологический процесс может быть реализовано по остаточной стоимости $C_{об.б.}$, расчёт которой может быть выполнен с учётом первоначальной цены $C_{перв.}$, нормы амортизации N_a и срока эксплуатации T . Расчёт выполняется по формуле

$$C_{об.б.} = C_{перв.} - (C_{перв.} \cdot T_{сл} \cdot N_a / 100). \quad (18)$$

После подстановки в формулу известных значений величина остаточной стоимости составляет $C_{об.б.} = 500000 - (500000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 285000$ рублей.

Величина капитальных затрат $K_{общ.б.}$ при реализации базовой технологии определяется по формуле

$$K_{общ.б.} = C_{об.б.} \cdot K_{з.б.} = 1 \cdot 285000 \cdot 0,9 = 256500 \text{ рублей.} \quad (19)$$

Для расчётного определения капитальных затрат $K_{об.пр.}$ на оборудование по проектному варианту необходимо взять ранее полученные значения коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ} = 1,05$, коэффициент загрузки оборудования» [21] $K_3 = 0,5$ и цены оборудования, которое необходимо для реализации проектного технологического процесса, $C_{об} = 430000$ рублей. Расчёт ведётся по формуле

$$K_{об.пр.} = C_{об.пр.} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{зп} = 750000 \cdot 1,05 \cdot 0,5 = 393750 \text{ рублей} \quad (20)$$

«Затраты $P_{\text{дем}}$ на демонтаж оборудования рассчитываются с учетом цены оборудования $C_{\text{об. б.}} = 500000$ руб. через коэффициент расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}=0,05$ с использованием формулы

$$P_{\text{дем}} = C_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д}} = 500000 \cdot 0,05 = 25000 \text{ рублей.} \quad (21)$$

Затраты на монтаж оборудования рассчитываются с учетом цены оборудования $C_{\text{об. пр.}} = 750000$ руб. и коэффициент расходов на монтаж оборудования $K_{\text{мон}} = 0,05$ с использованием формулы

$$P_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}} = 750000 \cdot 0,05 = 37500 \text{ рублей.} \quad (22)$$

Величина $K_{\text{соп}}$ сопутствующих расходов рассчитывается как

$$K_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}} = 25000 + 37500 = 62500 \text{ рублей.} \quad (23)$$

Величина $K_{\text{общ. пр.}}$ капитальных затрат по проектной технологии рассчитывается как

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{соп.}} = 393750 + 62500 = 456250 \text{ рублей.} \quad (24)$$

Величина $K_{\text{доп}}$ дополнительных капитальных вложений рассчитывается как

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} = 456250 - 256500 = 199750 \text{ рублей.} \quad (25)$$

Удельные капитальные затраты $K_{\text{уд}}$ для рассматриваемых вариантов могут быть рассчитаны по формуле

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / P_{\text{г}}. \quad (26)$$

Для базового варианта удельные капитальные вложения составляют $K_{\text{уд}} = 256500/600 = 428$ рублей. Для проектного варианта удельные капитальные вложения составляют $K_{\text{уд}} = 199750/600 = 333$ рублей. Увеличение удельных капитальных вложений» [21] объясняется применением более современного и дорогого оборудования.

4.6 Показатели экономической эффективности

«Для того чтобы оценить эффективность предлагаемых решений в случае их реализации на рассматриваемом производстве, следует сравнить основные показатели, характеризующие технологический процесс.

Для оценки снижения трудоемкости $\Delta t_{шт}$ применяются значения штучного времени $t_{шт}$ в рассматриваемых вариантах:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт\ б} - t_{шт\ пр}) \cdot 100 \% / t_{шт\ б} = (6,3 - 3,8) \cdot 100 \% / 6,3 = 40 \% \quad (27)$$

Для оценки повышения производительности труда Π_T применяется формула

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}) = 100 \cdot 40 / (100 - 40) = 66 \% \quad (28)$$

Для оценки уменьшения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ применяется формула

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100 \% / C_{тех.б.} = (5940 - 3758) \cdot 100 \% / 5940 = 37 \% \quad (29)$$

Для оценки условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{уг}$ применяется формула

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot \Pi_T = (13787 - 8491) \cdot 600 = 3177600 \text{ рублей} \quad (29)$$

Срок окупаемости» [21] $T_{ок}$ при внедрении предлагаемых решений может быть рассчитан по формуле

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг} = 199750 / 3177600 = 0,2 \text{ года.} \quad (30)$$

Годовой экономический эффект может быть рассчитан по формуле

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{уг} - E_n \cdot K_{доп} = 3177600 - 0,33 \cdot 199750 = 3112 \text{ тыс. рублей.} \quad (31)$$

Рассчитанные выше показатели работы предприятия при внедрении предлагаемых решений повышаются, что позволяют судить о положительном эффекте и целесообразности применения результатов в промышленности.

Выводы по экономическому разделу

При выполнении первых двух разделов выпускной квалификационной работы показано достижение технологического эффекта, выражающегося в повышении производительности и качества сварочных работ при строительстве и ремонте технологических газопроводов. Настоящий раздел посвящен обоснованию экономической целесообразности внедрения предлагаемых решений в производство. На основании исходных экономических данных выполнен расчёт изменяющихся показателей, характеризующих рассматриваемое производство в условиях реализации базового и проектного технологического процесса. Установлено, что при внедрении в производство предлагаемых решений трудоемкость выполнения работ уменьшается на 40 % за счёт применения более производительного оборудования и уменьшение времени на исправление дефектов. Производительность будет повышена на 66 %. Так как при реализации проектной технологии предусмотрено применение более совершенного оборудования, ожидаемое уменьшение технологической себестоимости составляет 37 %. Расчётным путем установлено, что окупаемость капитальных вложений будет достигнута через 0,2 года после внедрения предлагаемых решений в производство при этом годовой экономический эффект составляет 1,311 млн. рублей. Таким образом, установлено, что технические решения, сформулированные в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, обладают экономической эффективностью и могут быть рекомендованы к внедрению на современных предприятиях Российской Федерации. При этом полученное значение экономического эффекта может быть многократно увеличено за счёт расширения области внедрения предлагаемых решений на другие предприятия, выполняющие сварку при строительстве и ремонте газопроводов.

Заключение

Выпускная квалификационная работа посвящена выработке решений, направленных на повышение эффективности сварочных работ в строительстве и ремонте технологических трубопроводов на примере газопровода газорегуляторного пункта. Рассматриваемый газопровод выполнен из труб с толщиной стенки 5 мм и диаметром 377 мм и 273 мм. При строительстве и ремонте этого газопровода согласно базовой технологии выполнения стыков применяется ручная дуговая сварка.

Анализ базовой технологии позволяет сформулировать перечень недостатков, устранение которых позволит повысить технологические и экономические показатели рассматриваемого производства. В качестве первого недостатка отмечается низкая производительность работ связанная с необходимостью прерывать процесс на смену сварочного электрода, отбитие шлака и исправление обнаруживаемых дефектов. В качестве второго недостатка отмечена низкая стабильность качества сварного шва и существенная зависимость качества соединения от квалификации сварщика, что становится особенно критичным в условиях недостаточного кадрового обеспечения. В качестве третьего недостатка следует указать неблагоприятные условия труда, связанные с выделением вредных веществ при горении сварочной дуги, плавлении и испарении материала сварочных электродов.

По результатам анализа альтернативных способов сварки для построения проектной технологии обоснован выбор сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, для которой сформулирован перечень недостатков, устранение которых позволит расширить технологические возможности способа и повысить показатели рассматриваемого предприятия. Первым недостатком является значительное разбрызгивание электродного металла, что особенно проявляется себя при переходе на высокопроизводительные режимы сварки, значительно ограничивает

производительность и заставляет тратить дополнительное время на зачистку от брызг металла. Вторым недостатком является недостаточно высокое качество формирования сварного соединения в корневой части шва. Устранение сформулированных недостатков сварки выполнено за счёт применения импульсного управления сварочной дугой, для чего на основании изучения опыта российских ученых предложена схема формирователя импульсов тока, позволяющая выполнять модернизацию имеющегося на предприятии стандартного сварочного оборудования.

С использованием полученных технологических решений составлена проектная технология, по сравнению с базовой обладающая рядом технологических преимуществ, заключающихся в повышении производительности, уменьшении расходования сварочных материалов и повышении уровня качества сварного соединения.

Установлено, что предлагаемые в разделе аппаратные и организационные средства позволяют эффективно защитить персонал при условии комплексного применения, при этом обязательно соблюдение требований производственной безопасности и оснащение персонала эффективными средствами индивидуальной защиты. Также в работе рассматривались вопросы, связанные с обеспечением пожарной безопасности, для которой предложен перечень мероприятий.

Установлено, что технические решения, сформулированные в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, обладают экономической эффективностью и могут быть рекомендованы к внедрению на современных предприятиях. Окупаемость капитальных вложений будет достигнуто через 0,2 года после внедрения предлагаемых решений в производство при этом годовой экономический эффект составляет 1,311 млн. рублей. При этом полученное значение экономического эффекта может быть многократно увеличено за счёт расширения области внедрения предлагаемых решений на другие предприятия, выполняющие сварку при строительстве и ремонте газопроводов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Сараев Ю. Н. Безбородов, В. П., Тютев А. В. Влияние режима сварки на формирование структуры и свойства сварных соединений // Обработка металлов. 2005. № 1. С. 25–26.
2. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
4. Павлова И. А., Павлов А. С. Техничко-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.
5. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
6. 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.
7. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.
8. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
9. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
10. Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Устройство для импульсно-дуговой сварки // Ремонт, восстановление, модернизация. 2004. № 6. С. 26–28.

11. Князьков А. Ф., Федько В. Т., Крампит Н. Ю. Искусственная формирующая линия в силовой части модулятора ИРС-1200АДМ // Ремонт, восстановление, модернизация. 2003. № 12. С. 28-30.
12. Патент № 2133660 РФ. Способ импульсно дуговой сварки / Князьков А.Ф., Крампит Н.Ю., Петриков А.В.; Оpubл. 27.07.1999 г.
13. Жерносеков А. М., Андреев В. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 48-52.
14. Новожилов Н. М., Соколова А. М. Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе // Сварочное производство. 1958. № 7. С. 10–14.
15. Походня И. К. Сварка порошковой проволокой и перспективы ее развития // Сварочное производство. 1967. № 11. С. 43–45.
16. Головатюк А. П., Сидорук В. С., Левченко О. Г. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током // Автоматическая сварка. 1985. № 2. С. 39–40.
17. Левченко О. Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. 2000. № 8. С. 48–50.
18. Брауде М. З., Воронцова Е. И., Ландо С. Я. Охрана труда при сварке в машиностроении. М.: Машиностроение, 1978. 144 с.
19. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
20. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ, 2005. 35 с.
21. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. Указания. Тольятти: ТГУ, 2008. 38 с.
22. Жилин О. И. Разработка основных документов по пожарной безопасности // Энергобезопасность и энергосбережение. 2008. №. 1. С. 36-45.
23. Жилин О. И. Организация обучения персонала мерам пожарной безопасности // Энергобезопасность и энергосбережение. 2005. №. 4. С. 38-49.