

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для сварки бытовых печей

Обучающийся

А.В. Чахно

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

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

Консультанты

к.э.н., доцент Е.Г. Смышляева

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2024

Аннотация

При изготовлении отопительных печей основной технологической операцией является сварка. Базовый вариант технологии предусматривает применение ручной дуговой сварки, которая не встречает трудностей, а оборудование имеется на каждом предприятии, выполняющем работы по изготовлению металлических конструкций.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении печей длительного горения.

В ходе работы над введением выполнен краткий анализ состояния вопроса, обоснована актуальность исследования и сформулирована цель выпускной квалификационной работы. Для достижения поставленной цели сформулированы для решения задачи, правильная постановка которых определила эффективность полученных решений и их применимость на практике.

В ходе выполнения исполнительского раздела выпускной квалификационной работы решены задачи обоснования выбора способа сварки отопительной печи, повышения эффективности сварки с применением разработок отечественных исследователей и построения проектной технологии сварки.

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

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварочных технологий при изготовлении бытовых печей	7
1.1 Описание изделия.	7
1.2 Сведения о материале для изготовления печи.	9
1.3 Базовая технология сборки и сварки.	10
1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки металлических конструкций.	15
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	18
2 Проектная технология сборки и сварки отопительной печи.	20
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	20
2.2 Расширение технологических возможностей сварки в защитных газах.	24
2.3 Описание операций проектного технологического процесса ремонтной сварки.	27
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений.	31
3.1 Постановка задачи. Характеристика технологического объекта.	31
3.2 Идентификация профессиональных рисков.	32
3.3 Устранение возникающих профессиональных рисков.	34
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.	36
3.5 Экологическая безопасность.	37
4 Экономическое обоснование проектных решений.	39
4.1 Анализ исходных данных для выполнения экономического обоснования.	39
4.2 Фонд времени оборудования.	41
4.3 Штучное время и годовая программа.	42
4.4 Заводская себестоимость рассматриваемых вариантов технологии.	44

4.5 Расчёт капитальных затрат.	49
4.6 Расчёт экономических показателей.	51
Заключение	53
Список используемой литературы и используемых источников.	55

Введение

В настоящее время отмечается два устойчивых тренда производства товаров народного потребления в Российской Федерации. Во-первых, отмечается централизация производства, во-вторых, становится необходимым его сертификация. Таким образом, сварочное производство Российской Федерации, решая поставленные перед ним задачи, получает стимулы для дальнейшего своего развития. Централизация производства позволяет обеспечить применение более производительных и перспективных способов сварки, внедрение которых в условиях мелкосерийного производства было бы затруднено по экономическим соображениям. Кроме того, необходимость сертификации заставляет поднимать качество сварки, что также положительно сказывается на стимулировании внедрения новых технологических решений.

В настоящее время, несмотря на развитие централизованного отопления становится необходимым применение мобильных средств отопления личного состава. Сохранение комфортной температуры позволяет обеспечить поддержание боеспособности и сохранить социальный климат в воинском коллективе [4]. Для этого широко применяются печи длительного горения, позволяющие обеспечить готовку пищи и обогрев помещений в походных условиях.

При изготовлении отопительных печей основной технологической операцией является сварка. Базовый вариант технологии предусматривает применение ручной дуговой сварки, которая не встречает трудностей, а оборудование имеется на каждом предприятии, выполняющем работы по изготовлению металлических конструкций. Кроме того, к выпуску печей с применением ручной дуговой сварки можно оперативно приступать сразу же после получения государственного заказа. Однако, следует принимать во внимание основные тенденции мирового и российского рынка сварочного оборудования и сварочных технологий, отмеченные в ряде маркетинговых

исследований [2], [3], [34], [35]. В мире отмечена тенденция к замене ручной дуговой сварки на механизированные и автоматические способы сварки. В первую очередь, это связано с недостатками ручной дуговой сварки, которые наиболее остро проявляют себя именно при переходе от мелкосерийного производства к массовому производству. Такими недостатками являются «малая производительность ручной дугой сварки, которая не может быть далее повышена, так как исчерпаны возможности ручной дуговой сварки по оптимизации параметров режима. Также при ручной дуговой сварке отмечается существенное влияние на качество» [35] соединений квалификации и состояния самого сварщика. Низкая производительность и зависимость качества сварки от квалификации работника особенно негативно сказывается на производстве в настоящих условиях, когда мужское население предстоит задействовать для решения более насущных задач.

В настоящее время альтернативой ручной дуговой сварки выступает механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, что отмечается рядом исследователей по тенденциям на рынке сварочных материалов в виде неуклонного снижения доли штучных электродов и повышения доли сварочной проволоки на мировом и отечественном рынке.

Однако следует отметить ряд проблем применения механизированной сварки в углекислом газе, связанных с низкой интенсивностью нагрева при сварке, что существенно снижает текучесть металла и затрудняет его затекание в узкий зазор. В результате этого происходит образование значительного количества дефектов в виде несплавлений. Увеличение сварочного тока приводит к значительному усилению разбрызгивания электродного металла. Таким образом, проблема повышения производительности и качества механизированной сварки требует своего решения, а выбранная тема выпускной квалификационной работы является актуальной.

Цель – повышение производительности и качества сварочных операций при изготовлении печей длительного горения.

1 Современное состояние сварочных технологий при изготовлении бытовых печей

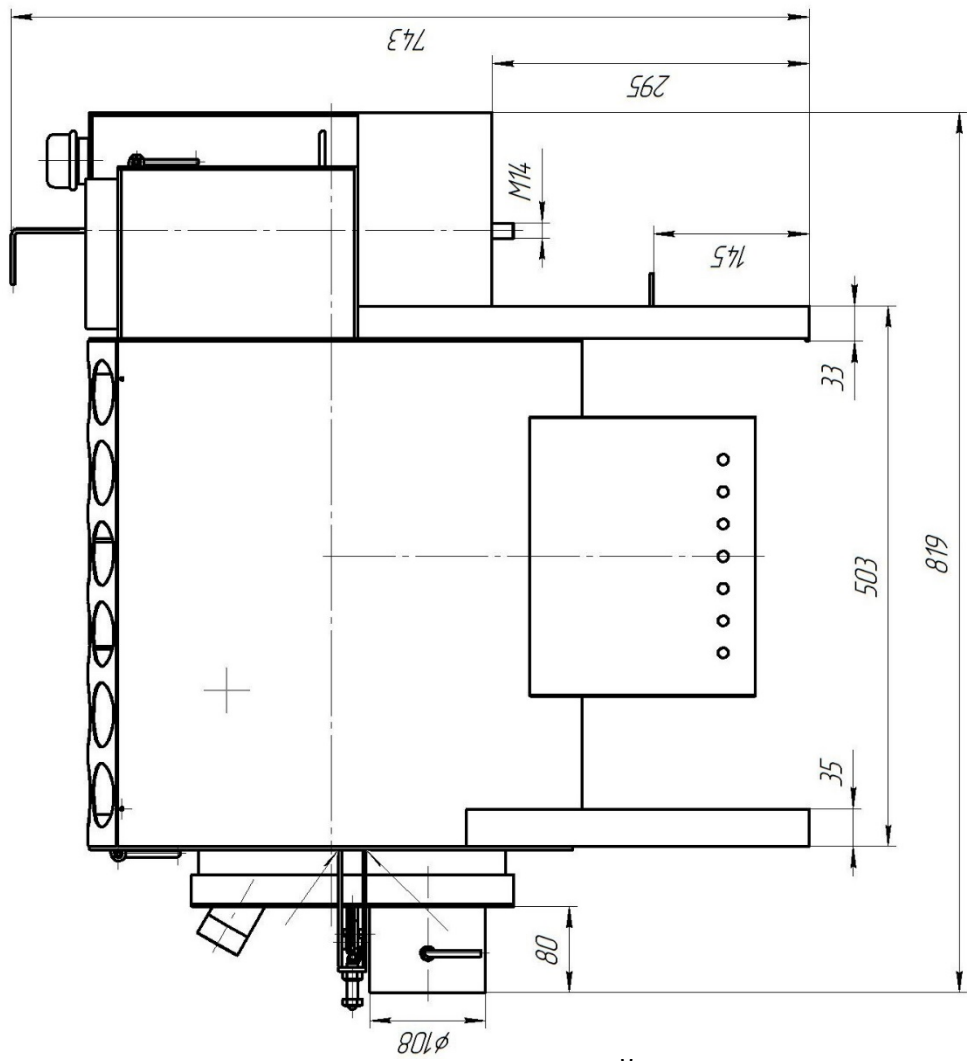
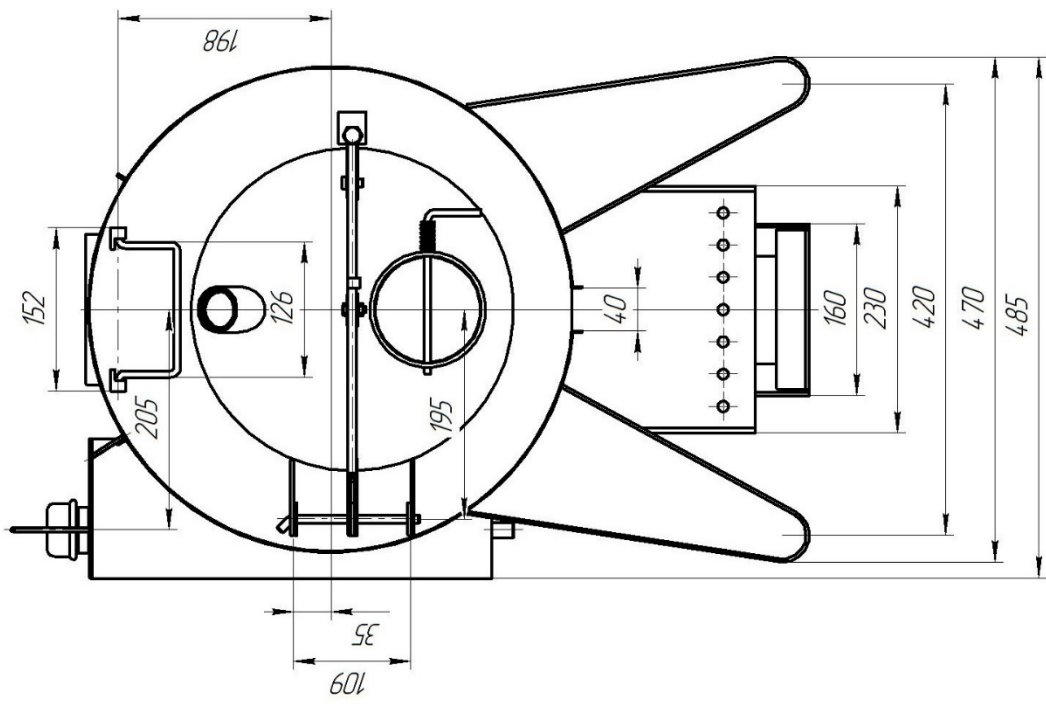
1.1 Описание изделия

На рисунке 1 представлен твердотопливный котел длительного горения, который может быть использован в качестве блиндажной печи. Работа котла проходит в режиме тления, что позволяет обеспечить экономность и экологичность его работы. По сравнению с режимом интенсивного горения работа печи в режиме тления позволяет повысить автономность. Одной закладки дров хватает на 8...12 часов непрерывной работы, при этом в помещении поддерживается оптимальная температура. Габариты печи представлены на рисунке 2.



Рисунок 1 – Твердотопливный котёл длительного горения

В качестве топлива для такой печи могут применяться торф, картон и древесные отходы. Особенно полезно, что такая печь может использовать отходы мебели и строительный мусор, которые в значительном количестве присутствуют на территории проведения описываемых мероприятий. На разжигание печи и переход в режим длительного горения требуется приблизительно 20 минут. За это время в калорифер загружается топливо, поджигается и горение на начальном этапе происходит с полной подачей кислорода, для чего воздушная заслонка открывается на максимум.



8

Рисунок 2 – Печь бытовая

После того, как все загруженное топливо охватывается огнем, печь переводят в режим длительного горения, для чего закрывают заслонку дымовыводящей трубы, а заслонку поддува прикрывают таким образом, чтобы обеспечить максимально длительное устойчивое горение. Помимо протопки помещения и поддержания в нем необходимой комфортной температуры печь позволяет провести приготовление пищи и просушку одежды. Коэффициент полезного действия печи составляет 65...70%, что считается достаточно высоким для отопительных приборов такого рода.

Печь изготавливается из листовой стали толщиной 3...6 мм, имеет относительно малую массу и габариты конструкции, позволяет проводить оперативную установку и снятие, перемещение в места базирования.

1.2 Сведения о материале для изготовления печи

Элементы печи изготовлены из стали Ст3, которая относится к конструкционным низкоуглеродистым сталям обыкновенного качества. В составе стали присутствует углерод в количестве 0,14...0,22 %, марганец в количестве 0,4...0,6 % и кремний в количестве 0,12...0,30 %. Такой химический состав обуславливает хорошую свариваемость стали Ст3, для соединения которой могут быть использованы все способы сварки. Преимуществом стали является относительно низкая стоимость по сравнению с другими сталями, она применяется для изготовления неотчетственных деталей, которые будут работать при незначительном нагружении. Сталь Ст3 не склонна к закалке, поэтому при построении сварочной технологии нет необходимости применять предварительный и последующий подогрев.

Необходимо отметить низкую коррозионную стойкость стали Ст3 и удовлетворительную стойкость по отношению к усталостному разрушению. Некоторое улучшение свойств стали Ст 3 можно ожидать при внесении в сталь модифицирующих добавок [30].

1.3 Базовая технология сборки и сварки

Сборки и сварка проходит в цехе металлических конструкций.

Предварительно проводят входной контроль проката, который используется для изготовления элементов печей [6]: листового проката и сортового проката. При внешнем осмотре на поверхности не должно быть отслоений, вздутий, разрывов и раковин. В случае обнаружения поверхностного дефекта проводят зачистку, которая не должна уменьшать толщину проката более чем на 0,4 мм. Кромки проката проверяются на наличие расслоений, трещин и разрывов.

Далее проводят проверку волнистости, которая не должна превышать 15 мм на один погонный метр, если прогиб листа составляет большую величину, требуется проведение правки. Визуальную проверку состояния проката проводят без применения увеличивающих приборов.

Правку листового проката выполняют на листопрямительной машине LP4-30-3000, представленной на рисунке 3. Скорость правки составляет 15 м/мин при точности правки 1 мм/м². Количество правильных валков составляет 9 штук при одинаковом диаметре роликов и равном шаге между ними.

Очистку проката от загрязнений и ржавчины проводим с применением пескоструйной установки DBS-200, которая представлена на рисунке 4. Давление воздуха при питании установки составляет 10 бар, рабочее сопло имеет диаметр 11 мм, в качестве абразива применяется порошок SA3, который подается с расходом 50 кг/м². Расход сжатого воздуха составляет 11,6 м³/мин.

Для проверки геометрии профильного проката применяется рулетка, металлическая линейка и угольник. Кривизна проката не должна превышать 24 мм на 1 погонный метр, в противном случае проводят его правку с применением правильной машины СКМЗ, которая представлена на рисунке 5. Скорость правки составляет 0,25...0,5 м/с при моменте 600 кгс·м.



Рисунок 3 – Листоправильная машина LP4-30-3000



Рисунок 4 – Пескоструйная установка DBS-200



Рисунок 5 – Правильная машина СКМЗ

Для разметки проката применяется металлическая линейка, чертилка, угольник и штангенрейсмус, точность разметки составляет 0,5 мм. Для резки листового проката применяют представленные на рисунке 6 ножницы НГ-3225./02. Угол наклона ножа составляет $2...4^\circ$ при частоте хода 10...12 резов в минуту. Точность реза составляет 0,5 мм. Для резки профильного проката применяют представленный на рисунке 7 лентопильный станок LS-100. Скорость реза составляет 20 м/мин при натяжении полотна 300 Н·м.



Рисунок 6 – Ножницы гильотинные с гидравлическим приводом НГ-3225.02

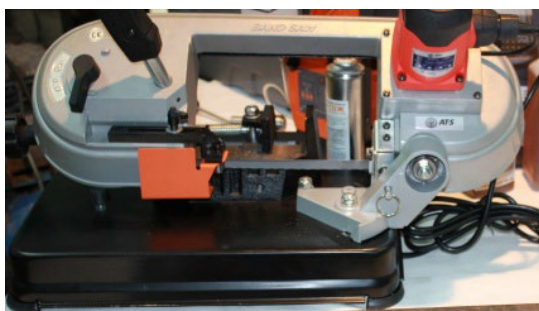


Рисунок 7 –Ленточнопильный станок LS-100

Для транспортировки заготовок применяют представленный на рисунке 8 однобалочный кран, который имеет грузоподъемность 1 тонну и обеспечивает скорость перемещения тали 25 м/мин и скорость перемещения груза 40 м/мин.

Сборку деталей под сварку выполняют с применением представленного на рисунке 9 универсального сборочного стенда, в состав которого входит основание 1 с поперечными балками 2, которые снабжены механизмом перемещения 3 и каретками 4, на которые устанавливаются фиксаторы заготовок. Сборка выполняется с зазором между деталями не более 1 мм, который должен иметь возможность устранения с применением нажима вручную.

Сварку выполняют с применением сварочного выпрямителя ВДУ-506, который представлен на рисунке 10. Сварные швы представлены на рисунке 11 и выполняются по ГОСТ 5264-80.

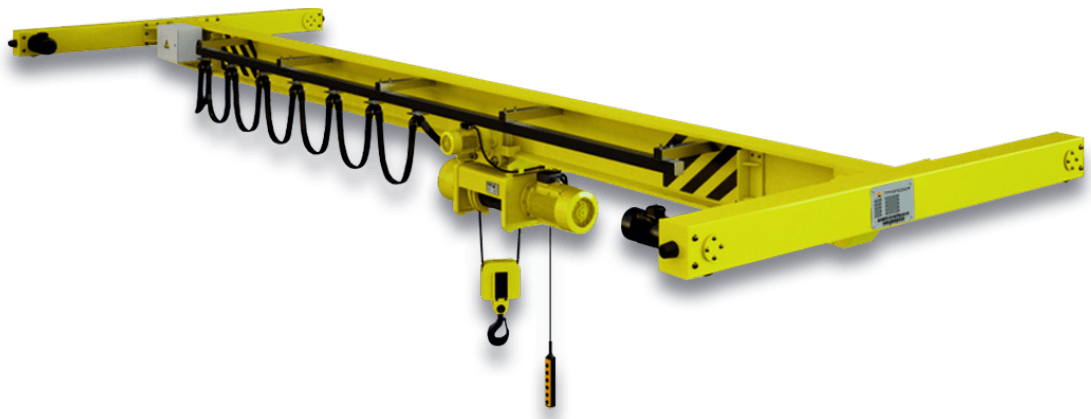


Рисунок 8 – Однобалочный кран для перемещения заготовок

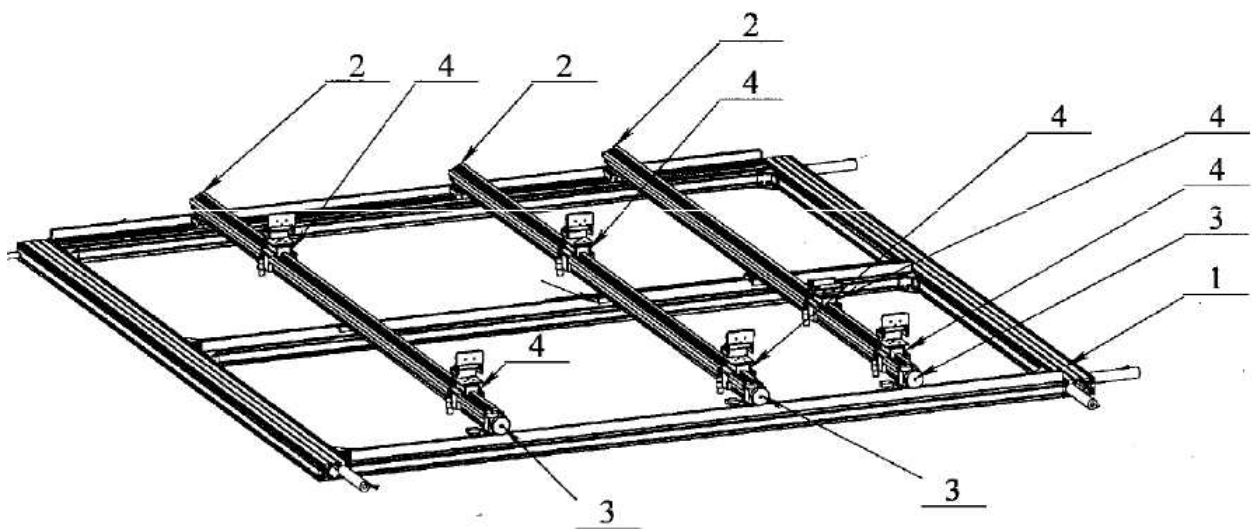


Рисунок 9 – Универсальное сборочное приспособление



Рисунок 10 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

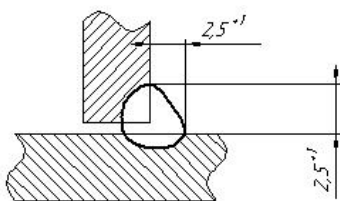
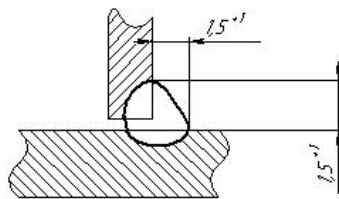
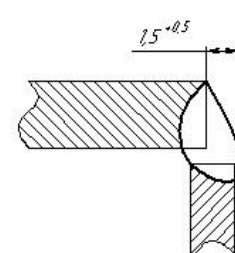
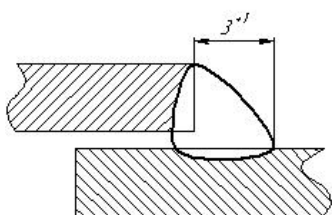
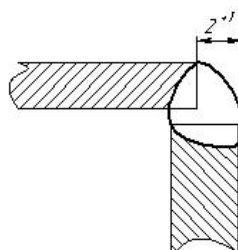
ГОСТ 5264-80 - Т1 - $\Delta 2,5$ ГОСТ 5264-80 - Т1 - $\Delta 1,5$ ГОСТ 5264-80 - У4 - $\Delta 1,5$ ГОСТ 5264-80 - У4 - $\Delta 3$ ГОСТ 5264-80 - У4 - $\Delta 2$ 

Рисунок 11 – Сварные швы п

При выполнении стыковых швов применяют электроды УОНИ-13/55 диаметром 3 мм на токе 80...120 А при напряжении 25...26 В. Сварку угловых швов ведут электродами УОНИ-13/55 диаметром 4 мм на токе 120...160 А при напряжении 26...27 В. Перед сваркой проводят прокалку электродов при температуре 380...420 ° в течение 90...120 минут в печи ЭПСЭ-40/400, которая представлена на рисунке 12-а. После прокалики электроды помещают в резервную печь ЭПСЭ-10/400, которая представлен на рисунке 12-б.



Рисунок 12 – Печь для прокалики ЭПСЭ-40/400 (а) и хранения электродов ЭПСЭ-10/400 (б)

При сварке проводят контроль качества – входной, пооперационный и приемочный. Входной контроль предусматривает проверку сертификата на сварочные материалы, проверку состояния проката, проверку условия хранения проката и сварочных материалов. Пооперационный контроль предусматривает проверку точности сборки, качества зачистки, точности разметки и реза, последовательности выполнения операций. Приемочный контроль предусматривает проверку качества сварных швов.

Приемочный контроль проводят визуальный и измерительный. Недопустимыми дефектами являются непровары, трещины, наплывы, прожоги и незаваренные кратеры. Наплавленный металл сварного шва должен иметь плавно переходить на основной металл.

Анализ информации по мировым рынкам сварочных технологий и материалов позволяет заключить, что применение ручной дуговой сварки в настоящее время сокращается, уступая место механизированным и автоматическим способам сварки [9], [22], [23].

Исправление обнаруженных дефектов форму сварного шва выполняется частичной или полной зачисткой и подваркой. При обнаружении внутренних дефектов дефектный участок удаляют механическим способом и переплавляют с последующим контролем качества.

1.4 Анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки металлических конструкций

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности работ при выполнении сварочных операций в процессе изготовления металлических конструкций на примере отопительных печей длительного горения. В ходе работы над введением выполнен краткий анализ состояния вопроса, обоснована актуальность исследования и

сформулирована цель выпускной квалификационной работы. Для достижения поставленной цели предстоит решать задачи, правильная постановка которых определяет эффективность полученных решений и их применимость на практике. При этом необходимо ознакомиться с мировым опытом в области повышения эффективности сварочных процессов. Необходимо выполнить поиск и анализ источников научно-технической информации. Поиск ведем в сети ИНТЕРНЕТ с применением баз знаний «Диссеркэт» (база кандидатских и докторских диссертаций по различным наукам), «Киберленинка» (база научных статей по различным наукам), «Патонпаблишхаус» (база статей украинских исследователей-сварщиков), архивы журнала «Сварка и диагностика», архивы журнала «Сварочное производство», архивы журнала «Технология машиностроения», база знаний «Е-Лайбрери».

Для поиска информации воспользуемся ключевыми словами «сварка металлических конструкций» «Автоматическая сварка», «Сварка и диагностика», «статья», «диссертация».

Также в поиске применим материалы, полученные при подготовке отчетов по практикам и курсовым работам. Заключительный анализ будем проводить с использованием знаний, полученных на кафедре сварки в ходе обучения сварочным дисциплинам.

В первой работе [27] проведен анализ эффективности применения различных составов защитных газов при механизированной сварке проволокой сплошного сечения. Указывается, что обоснование состава защитного газа должно быть основано на понимании влияния составляющих компонентов на особенности протекания процессов в ходе сварки. При этом в качестве критериев для выбора того или иного состава защитного газа могут выступать улучшение условий труда сварщика, безопасность и экологичность выполнения сварочных операций, повышение показателей качества и служебных характеристик. Анализ этих критериев позволяет судить о высоком потенциале сварки в защитных газах проволокой

сплошного сечения, реализация которого позволяет предполагать дальнейшее расширение области применения этого способа сварки.

Данная работа будет использована для обоснования выбора способа сварки и построения проектной технологии сварки рассматриваемого изделия.

Во второй работе [18] исследовано влияние параметров импульсного управления питанием сварочной дуги на качество сварного соединения при изготовлении и ремонте металлических конструкций из низкоуглеродистых сталей. Исследовался процесс механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Применение систем импульсного управления с обратной связью по току позволяет повысить стабильность качества сварки, уменьшить разбрызгивание электродного металла и добиться пространственной стабильности сварочной дуги, что особенно важно при выполнении монтажной сварки и проведении ремонта крупногабаритных металлических конструкций.

Данная работа показывает эффективность применения импульсного управления при механизированной сварке проволокой сплошного сечения в защитных газах. Работа будет рассмотрена для обоснования выбора способа сварки при построении проектной технологии.

В третьей работе [29] представлен промышленный опыт применения технологии сварки и наплавки порошковой проволокой на различных предприятиях. Показана высокая эффективность применения механизированной сварки и наплавки порошковой проволокой. Для промышленности предложена проволока оригинального состава диаметром 1,6 мм, получившая название ПП-АН198. Применение этой проволоки отличается отсутствием дефектов в наплавленном металле и уменьшенным уровнем остаточных напряжений.

Данная работа позволяет судить о высокой эффективности применения сварки порошковой проволокой и будет рассмотрена для обоснования выбора способа сварки при построении проектной технологии сварки.

В четвёртой работе [33] описывается опыт применения дополнительной горячей присадки при выполнении автоматической сварки под флюсом. За счёт применения дополнительной горячей присадки появляется дополнительная возможность эффективного управления введением в сварной шов элементов-модификаторов. Также ожидаемое увеличение коэффициента наплавки составляет 100...150 %. За счёт введения дополнительной горячей присадки улучшаются тепловые условия формирования сварного шва, снижается перегрев основного металла и опасность получения горячих трещин. Также при введении дополнительной горячей присадки отмечается повышение стойкости металла сварного шва против образования холодных трещин.

Данная работа показывает эффективность применения автоматической сварки под флюсом и будет рассмотрена для обоснования выбора способа сварки.

В пятой работе «проведённые исследования позволили повысить адекватность математического моделирования тепловых процессов при ручной дуговой сварке.

Данная работа показывает эффективность применения ручной дуговой сварки и будет рассмотрена для обоснования выбора способа сварки» [10].

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сборки и сварки отопительных печей. При анализе состояния вопроса рассмотрен принцип работы отопительной печи длительного горения и особенности её устройства. Базовая технология сборки и сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки. «В числе недостатков базовой технологии следует отметить низкую производительность выполнения сварочных работ, которая обусловлена применением ручной дуговой сварки» [35]. По этой же причине возникает

значительное количество дефектов, исправление которых повышает трудоемкость производства и снижает его экономическую эффективность. При сварке наблюдается разбрызгивание электродного металла, что ухудшает внешний вид изделия и заставляет выполнять зачистку поверхности. Также следует отметить «тяжелые условия труда сварщика. На основании вышеизложенного следует сделать вывод о целесообразности замены ручной дуговой сварки на более перспективный способ сварки.

Далее могут быть сформулированы задачи настоящей выпускной квалификационной работы» [25].

Первой задачей является «обоснование выбора способа сварки, при выполнении которой следует выполнить анализ преимуществ и недостатков каждого рассмотренного способа, оценить эффективность способа» [31] по выбранным критериям и дать обоснование выбора способа [25], [31].

«Второй задачей является поиск и анализ решений по расширению технологических возможностей выбранного способа сварки» [5], которые следует применить в проектной технологии. При этом необходимо рассмотреть достижения отечественных исследователей-сварщиков и проанализировать мировой опыт в области повышения эффективности сварочных процессов [5], [15], [24].

«Третьей задачей является построение проектной технологии сварки, решение которой предусматривает формулировку перечня технологических операций, составление требований к выполнению каждой операции, назначение параметров режима и выбор технологического оборудования» [13], [28].

«Четвертой и пятой задачами, решение которых предстоит выполнить в оценочном разделе настоящей выпускной квалификационной работы, является оценка промышленной безопасности предлагаемых технологических решений» [8], [19] и экономическое обоснование эффективности предлагаемых технологических решений [20], [25].

2 Проектная технология сборки и сварки отопительной печи

2.1 Обоснование выбора способа сварки

На рисунке 13 представлен схема выполнения ручной дуговой сварки, которая может быть признана как способ сварки, получивший наибольшее распространение в мировой промышленности. Расширение технологических возможностей ручной дуговой сварки возможно за счёт применения импульсного управления [11] или улучшения состава обмазки электрода [26].

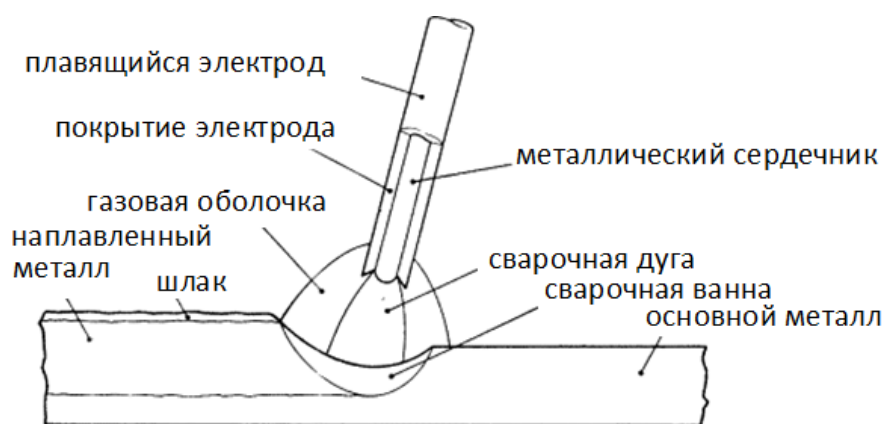


Рисунок 13 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

Ручная дуговая сварка характеризуется значительным количеством недостатков, которые обуславливают наметившуюся в мире тенденцию замены механизированными способами сварки [22], [23]. Первым недостатком является тяжелые условия труда сварщика, по причине которых происходит образование профессиональных заболеваний. Вторым недостатком является перерасход сварочных электродов, который происходит по причине разбрызгивания и угара, кроме того, значительное количество электродного материала расходуется на огарки. Третьим недостатком является зависимость качества выполнения сварочных работ от квалификации сварщика, которая оказывается критической и заставляет затрачивать значительные ресурсы предприятия для подготовки сварщиков-профессионалов. Четвертым недостатком следует указать необходимость

прерывания процесса сварки на замену сварочного электрода, что отрицательно сказывается на производительности и качестве сварочных работ.

На рисунке 14 представлена «схема выполнения механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения позволяет повысить существенно повысить эффективность проведения сварочных работ по сравнению с ручной дуговой сваркой. При сварке не происходит образования шлаковой корки, что упрощает проведение многослойной сварки. Кроме того, низкая текучесть расплавленного металла позволяет проводить сварку в различных пространственных положениях. Применение механизированной сварки в защитных газах позволяет существенно улучшить условия труда сварщика» [35].

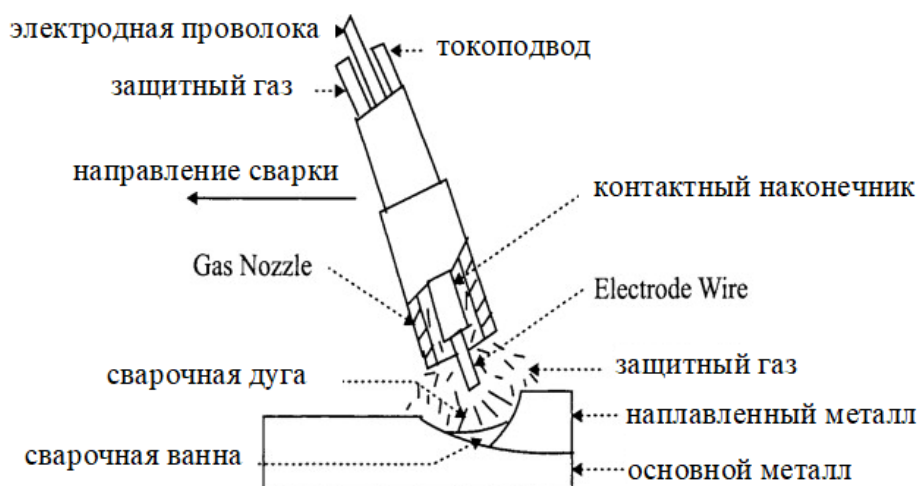


Рисунок 14 – Схема механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

До настоящего времени не устранены в полной мере недостатки механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения [32]. Первым недостатком является необходимость применения газовой аппаратуры, которая ограничивает мобильность сварщика. Вторым недостатком следует указать низкую пространственную стабильность сварочной дуги и усиление разбрызгивания при переходе на форсированные

режимы сварки. В качестве третьего недостатка следует указать недостаточную текучесть расплавленного металла, по причине которой возможно образование несплавлений в многослойных швах.

На рисунке 15 представлена схема механизированной сварки с применением порошковой проволоки. «Применение порошковой проволоки позволяет повысить мобильность сварщика за счёт отказа от использования газового оборудования. Так как при сварке порошковой проволокой улучшается защита зоны сварки, её можно рекомендовать для проведения работ на открытом воздухе. Производительность сварки с применением порошковой проволоки также повышается по сравнению со сваркой проволокой сплошного сечения» [29].

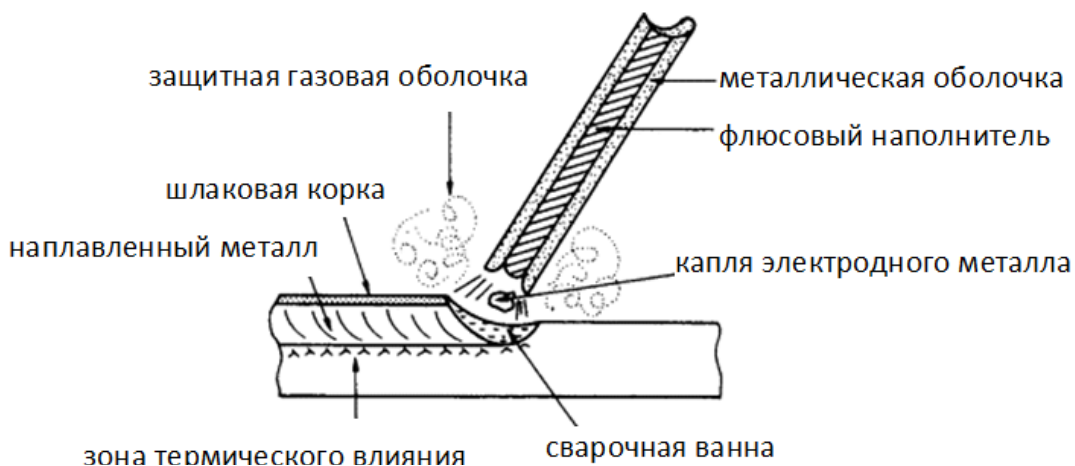


Рисунок 15 – Схема сварки порошковой проволокой

Сварка порошковой проволокой имеет ряд недостатков, среди которых следует указать неравномерное расплавление проволоки по сечению, что объясняется различным выделением тепла в металлической оболочке и порошковом наполнителе проволоки. Вторым недостатком является повышение опасности шлаковых включений, которая наиболее сильно проявляется при выполнении корневого слоя шва. Третьим недостатком является образование при сварке шлака, который необходимо отбивать, что повышает трудоемкость. Ещё одним недостатком является излишняя гибкость и мягкость порошковой проволоки, по причине которой возникают заломы и застревание проволоки в механизме подачи.

Преимущества и недостатки рассмотренных способов сварки позволяют выполнить их оценку по критериям, которые были предложены в работах [7], [25], [28]. Оценка способов сварки приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Выставление экспертных баллов рассмотренным способам сварки

Наименование критерия оценки	Выставление балла экспертной оценки		
	Ручная дуговая сварка	Механизированная сварка проволокой сплошного сечения	Механизированная сварка порошковой проволокой
Стоимость и сложность сварочного оборудования	4	2	3
Производительность	2	3	4
Качество сварки	1	3	2
Условия труда	1	3	2
Эксплуатационные характеристики сварного шва	1	3	2
Интегральная оценка экономической эффективности способа	2	3	1

Суммарная оценка, выставленная для рассмотренных способов сварки, составила 11 баллов для ручной дуговой сварки, 17 баллов для механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и 14 баллов для сварки порошковой проволокой. При обосновании выбора способа сварки следует принимать во внимание, что в странах бывшего СНГ сварка порошковой проволокой в настоящее время не получила такого распространения, как в странах Западной Европы, при этом сварочная проволока отечественного производства выпускается в недостаточном количестве. Этот факт даёт ещё больше доводов в пользу предпочтения механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Для расширения технологических возможностей сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения необходимо повысить пространственную стабильность дуги и обеспечить перенос электродного металла без разбрызгивания [15], [32].

2.2 Расширение технологических возможностей сварки в защитных газах

Мировым производителем сварочного оборудования интенсивно разрабатываются и представляются на рынок образцы, позволяющие повысить эффективность механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. В ходе проведенных отечественными и зарубежными исследователями научных изысканий получены положительные результаты по управлению переносу электродного металла. Следует отметить существенное вложение в изучение импульсных процессов, которое сделали российский исследователи-сварщики [14], [16], [17], [21].

За счёт применения импульсного управления удалось устранить разбрызгивание при сварке, существенно снизить потери электродного металла на угар. Существенно улучшен внешний вид сварных швов за счёт более гладкой формы наплавленного металла и отсутствия набрызгивания. Повышается пространственная стабильность горения дуги, что позволяет выполнять сварку во всех пространственных положениях. Улучшение протекания металлургических процессов позволяет повысить эффективное КПД сварки, уменьшить тепловую нагрузку на металл и получить измельченную структуру металла сварного шва.

На рисунке 16 представлена осциллограмма тока и напряжения при сварке с применением импульсного управления, которая выполняется в соответствии с разработкой [1]. На осциллограмме импульс цикла сварки, представленный интервалом времени $T_{ц}$, условно разделен на характерные участки. На первом участке проходит короткое замыкание дугового промежутка в течение времени $t_{кз}$, далее дуга горит на прямой полярности в течение времени $t_{гп}$, после чего следует импульс паузы $t_{п}$, импульс тока на обратной полярности $t_{по}$. Работа в режиме холостого хода проходит в течение интервала $t_{хх}$.

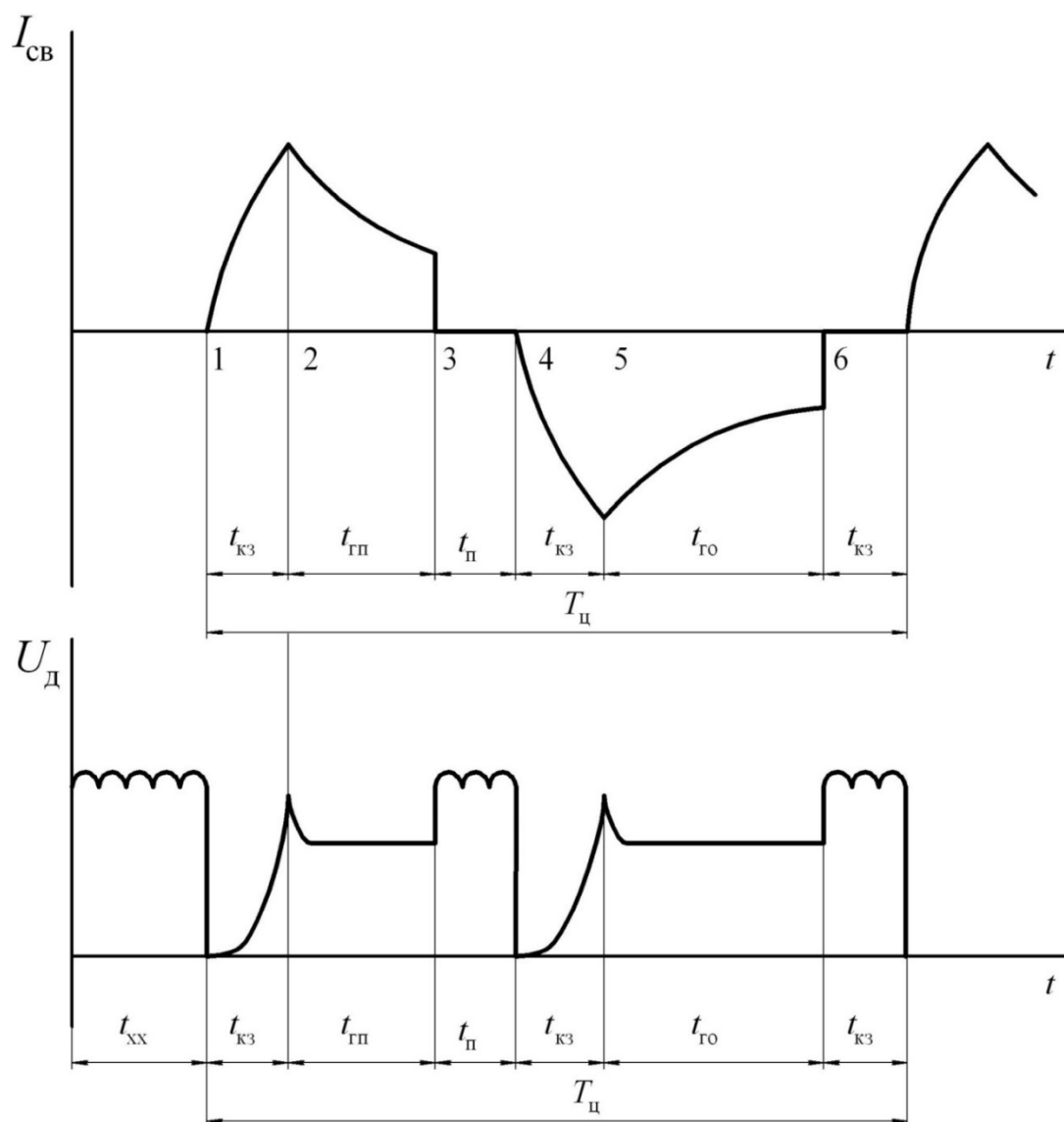


Рисунок 16 – Осциллограммы тока и напряжения при импульсной сварке по предлагаемому способу [1]

На рисунке 17 представлена силовая схема предлагаемого источника питания, который собран на базе стандартного выпрямителя сварочного тока 1, который доработан с применением схемы из элементов 2...15, управление которой осуществляется от блока управления 16. Силовые тиристоры 2 и 3 анодной группы тиристорного преобразователя подключены «к сварочному выпрямителю 1 через сглаживающий дроссель 4. Силовые тиристоры 5 и 6 катодной группы тиристорного преобразователя подключены к сварочному выпрямителю 1 через коммутирующий дроссель 7» [1].

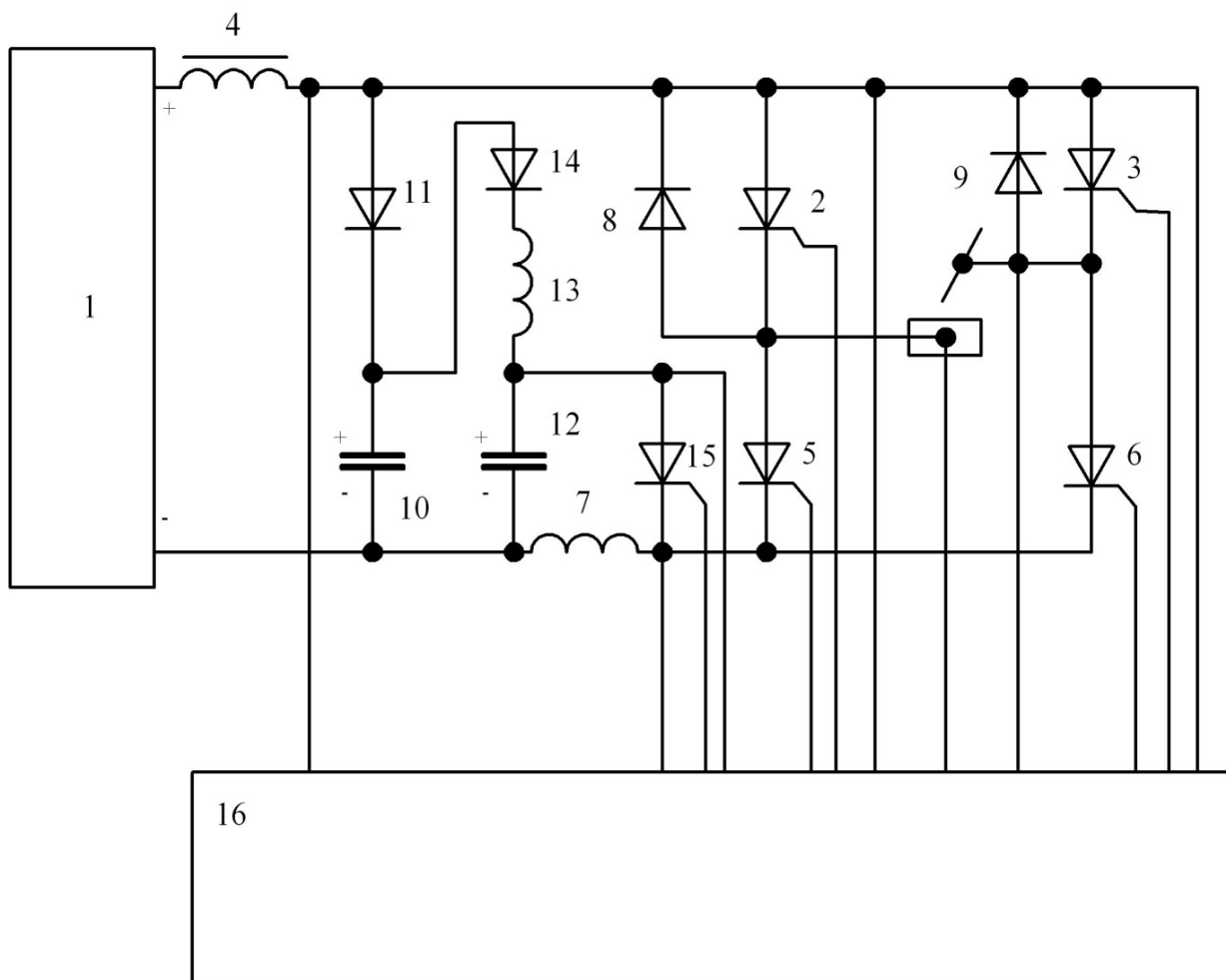


Рисунок 17 – Силовая схема предлагаемого источника питания

Шунтирование силовых тиристоров 2 и 3 происходит через диоды 8 и 9. К отрицательному полюсу сварочного выпрямителя 1 подключены обкладки конденсатора фильтра 10 и коммутирующего конденсатора 12. Верхняя обкладка конденсатора 10 подключается к положительному полюсу сварочного выпрямителя 1 через блокирующий диод 11. «Верхняя обкладка коммутирующего конденсатора 12 подключается к верхней обкладке конденсатора фильтра 10 через блокирующий диод 14 и зарядный дроссель 13. Подключение верхней обкладки коммутирующего конденсатора 12 к катодной группе тиристоров выполняется через вспомогательный тиристор 15» [1].

Эффективность импульсного управления с применением предлагаемого способа показана в работах [16], [17].

2.3 Описание операций проектного технологического процесса ремонтной сварки

При сварке расходными материалами будут углекислый газ, баллоны с которым представлены на рисунке 18-а и сварочная проволока, катушка с которой представлена на рисунке 18-б. «В качестве сварочной проволоки используется Св-08ГС диаметром 1,2 мм. Сварку следует вести с применением сварочного выпрямителя ВДУ-3020, который представлен на рисунке 19-а и механизма подачи проволоки Форсаж-МПм, который представлен на рисунке 19-б. Конструктивные элементы сварных швов представлены в таблице 2. Параметры режима сварки представлены в таблице 3» [18]. Для очитки проката перед тем предлагается применить представленную на рисунке 20 установку дробеметной очистки QWD100, которая работает на литой или колотой дроби диаметром 0,8...1,2 мм. Правку сортового проката выполняют на представленной на рисунке 21 сортоправильной машине JZJ20-40.



Рисунок 18 – Сварочные материалы: баллоны с углекислым газом (а) и сварочная проволока Св-08ГС (б)



Рисунок 19 – Сварочный выпрямитель ВДУ-3020 (а) и механизм подачи Форсаж-МПм (б)

Таблица 2 – Конструктивные элементы сварных швов

Шов	Разделка	Форма шва
№ 1 ГОСТ 14771-76 - Т1 - УП - Δ 2,5		
№ 2 ГОСТ 14771-76 - Т1 - УП - Δ 1,5		
№ 3 ГОСТ 14771-76 - У4 - УП - Δ 1,5		
№ 4 ГОСТ 14771-76 - У4 - УП - Δ 3		
№ 5 ГОСТ 14771-76 - У4 - УП - Δ 2		

Таблица 3 – Параметры режима сварки швов

Шов	$d_{эл}$	$I_{св}$	$U_{д}$	$V_{св}$	$l_{эл}$	$Q_{г}$
	мм	А	В	м/ч	мм	л/мин
№1	1,2	200-250	19-22	35-50	9-12	7-8
№2	1,2	160-200	18-21	40-50	8-12	6-7
№3	1,2	110-140	18-20	30-50	8-12	6-7
№4	1,2	170-210	19-23	25-45	8-15	7-8
№5	1,2	110-140	18-20	30-50	8-12	6-7

Для разметки проката применяется металлическая линейка, чертилка, угольник и штангенрейсмус, точность разметки составляет 0,5 мм. Резку

сортового проката выполняют с применением представленного на рисунке 22 лентопильного станка JET HBS-1220AF. В течение всего производственного цикла проводят контроль качества. Перед выполнением сварки необходимо проверить сертификаты на сварочную проволоку. Оборудование и приспособления также подлежат периодической проверке на соответствие паспортным данным.



Рисунок 20 – Дробемётная установка QWD100



Рисунок 21 – Сортоправильная машина JZJ 20-40



Рисунок 22 – Ленточнопильный станок JET HBS-1220AF

При сварке проводят пооперационный контроль, в ходе которого проверяют правильность последовательности выполнения операций и соблюдения параметров режима.

Все сварные швы проходят визуальный и измерительный контроль. Если в ходе проведения визуального и измерительного контроля выявлены недопустимые дефекты, их следует устранить и провести повторный контроль качества.

При контроле качества недопустимыми дефектами являются трещины всех видов и направлений, увеличение размеров сварного шва более 2 мм от нормативных, а также в сторону уменьшения от нормативных. Сварной шов не должен иметь резкого перехода к основному металлу и волнистость более 2 мм. Не допускается наличие подрезов, наплывов, несплавлений, прожогов и кратеров. При наличии пор и шлаковых включений они должны группироваться по длине не более 10 мм, а расстояние между соседними группами пор должно быть не менее 500 мм.

Выводы по второму разделу

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решены задачи обоснования выбора способа сварки отопительной печи, повышения эффективности сварки с применением разработок отечественных исследователей и построения проектной технологии сварки.

Дальнейшие работы необходимо выполнить в направлении оценки промышленной безопасности предлагаемых технологических решений для персонала предприятия и окружающей среды. Решение этой задачи предусматривает оценку производственных рисков и выработку перечня мер по их снижению [8].

Также следует выполнить экономическое обоснование эффективности предлагаемых технологических решений. Решение этой задачи предусматривает оценку базовой и проектной технологии с точки зрения затрат на их осуществление и сравнение экономических показателей рассматриваемых технологий [19], [20].

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Постановка задачи. Характеристика технологического объекта

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы была предложена технология сборки и сварки печей длительного горения. При построении проектной технологии была обоснована замена ручной дуговой сварки, которая применялась в базовой технологии на механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. При этом для повышения эффективности сварочных операций и расширения технологических возможностей сварки было предложено применить импульсное управление переносом электродного металла, способ для реализации которого разработан отечественными исследователями-сварщиками.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы необходимо предусмотреть мероприятия по обеспечению защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов, действие которых возникает при реализации предлагаемого технологического процесса. Анализ проектной технологии восстановительной наплавки представлен в таблице 4. Проектный технологический процесс укрупненно предусматривает последовательное выполнение четырех операций: входной контроль, заготовительные операции, сборка и сварка, контроль качества сварки. Для выполнения каждой операции привлекается соответствующий технический персонал, приведенный во втором столбце таблицы 4, и технологическое оборудование, приведенное в третьем столбце таблицы 4. Также для выполнения операции могут потребоваться расходные материалы, которые приведены в четвертом столбце таблицы 4. Таким образом, проектный технологический процесс условно разбивается на четыре операции.

Таблица 4 – Паспортизация технического объекта

Операция	Персонал	Оборудование	Материалы
1 «Входной контроль»	Слесарь-сборщик, дефектоскопист	1) Кран-балка 2) Лупа х4	Рукавицы х/б
2. Заготовительная операция	Слесарь-сборщик	1) Соротоправильная машина 2) Дробемётный аппарат 3) Ножницы гильотинные, 4) Резак ГРМ-70 5) Фрезерный станок 6) Газорезательная машина	1) Мел 2) Ацетилен 3) Кислород, 4) Круг абразивный 5) Сверло Р6М5
3. Сборка и сварка	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) Сборочное приспособление 2) Полуавтомат сварочный ПДГ-515 3) Выпрямитель ВДУ-506 4) Шаблон сварщика УШС-3	1) Сварочная проволока Св-08Г2С 2) Углекислый газ
4. Проведение контроля качества» [8]	Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Ультразвуковой дефектоскоп	-

Представленные в таблице 4 особенности выполнения операций технологического процесса сборки и сварки позволят в дальнейшем провести идентификацию негативных производственных факторов, оказывающих воздействие на персонал и окружающую среду.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проектная технология сборки и сварки, реализуемая с применением современного сварочного оборудования, характеризуется наличием негативных факторов, источниками которых является само применяемое технологическое оборудование, элементы обрабатываемых деталей. Также следует принимать во внимание, что сварочные технологии, предполагающие

использование дуги, являющейся источником интенсивного нагрева и излучения, сопровождаются образованием большего количества и интенсивности негативных факторов, чем при применении других технологий. В таблице 5 представлены негативные факторы (опасные и вредные), возникновение которых происходит при реализации соответствующей операции технологического процесса.

Таблица 5– Идентификация негативных производственных факторов

Операция	Негативный фактор
1. «Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений
2. Заготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур
3. Сборка и сварка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - брызги расплавленного металла
4. Проведение контроля качества» [8]	<ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне

При реализации проектного технологического процесса источниками негативных факторов выступают: при входном контроле (кран-балка, острые края листов и профильного проката), при заготовительной операции (сортоправильная машина, дробемётный аппарат, ножницы гильотинные, резак ГРМ-70, фрезерный станок, газорезательная машина), при сборке и сварке (сборочное приспособление, полуавтомат сварочный, выпрямитель), при проведении контроля качества (ультразвуковой дефектоскоп). Представленные в таблице 5 негативные факторы в количестве семи штук, не являются новыми и успешная нейтрализация может быть обеспечена стандартными техническими средствами и методиками, находящимися в резерве промышленного предприятия.

3.3 Устранение возникающих профессиональных рисков

Для нейтрализации возникающих негативных производственных факторов, идентификация которых выполнена выше, в рамках выполнения настоящей выпускной квалификационной работы предлагаются мероприятия и технические средства, представленные в таблице 6.

Особое внимание следует уделить обеспечению на рабочем месте порядка и поддержанию трудовой дисциплины, так как большинство несчастных случаев на производстве происходит как раз вследствие нарушения трудовой дисциплины и захламления рабочего пространства.

В ходе идентификации выделено семь негативных производственных факторов, которые ранее возникали и успешно нейтрализовывались на предприятии, устранение которых или уменьшение до приемлемого уровня не требует применения специальных технических средств и разработки дополнительных мероприятий кроме стандартного набора средств и мероприятий, имеющегося в резерве современного промышленного производства.

Таблица 6 – Устранение профессиональных рисков

«Наименование негативного фактора»	Средство устранения негативного фактора	Индивидуальная защита
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) проведение инструктажа по технике безопасности 2) ролевые игры с работниками предприятия 3) предупреждающие плакаты и таблички	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) предупреждающие плакаты и таблички 2) защитное отключение приводов оборудования 3) ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	1) общеобменная вентиляция 2) устройства удаления загрязненного воздуха	Применение индивидуальных средств защиты органов дыхания
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) проверка изоляции и заземления 2) проведение инструктажа по технике безопасности 3) ролевые игры с работниками предприятия	Оснащение работника специальной одеждой, защитными очками, перчатками
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение инструктажа по технике безопасности 2) предупреждающие плакаты и таблички	Оснащение работника специальной одеждой, перчатками
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) защитные экраны 2) проведение инструктажа по технике безопасности 3) ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными масками, перчатками
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) защитные экраны 2) проведение инструктажа по технике безопасности 3) ограничение проникновения на производственный участок	Оснащение работника специальной одеждой, защитными масками, перчатками» [8]

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Сварочная дуга является источником повышенной пожарной опасности, так как имеет повышенную температуру и характеризуется излучением высокой интенсивности. Кроме того, при сварке образуется значительное количество искр и брызг расплавленного металла, которые при попадании на горючие материал могут вызвать из возгорание. Помимо этого следует принимать во внимание высокую опасность образования пожара по причине короткого замыкания, так как к сварочному оборудованию подводится ток, характеризуемой высокой мощностью. В таблице 6 представлена идентификация потенциального пожара, который может возникнуть на рассматриваемом технологическом участке.

Таблица 7 – Идентификация класса потенциального пожара

Наименование участка	Участок сборки и сварки печей
«Наименование оборудования»	Оборудование для подготовки, сборки и сварки. Аппаратура контроля
Классификация по виду горящего вещества	Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Повышенная температура воздуха вокруг возгорания; выделение токсичных продуктов горения; снижение видимости; выгорание кислорода
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Опасность поражения пострадавших и спасателей электрическим током от технологического оборудования на рассматриваемом производственном участке» [8]

По результатам анализа данных, сведенных в таблицу 7, потенциальный пожар, опасность возникновения которого следует рассмотреть применительно к технологическому участку, относится к классу «Е», так как помимо горения материалов наблюдается опасность поражения людей электрическим током. В числе негативных факторов рассматриваемого пожара следует указать поток горячего воздуха, движущийся по направлению от места горения; тепловое излучение; токсичные выделения от продуктов горения; затруднение видимости из-за

образования аэрозоля при горении веществ; разлет искр; выгорание кислорода. Также в результате пожара происходит нарушение изоляции технологического оборудования и электрической проводки на производственном участке, из-за чего персонал предприятия и спасатели могут подвергаться опасности поражения электрическим током. В таблице 8 представлены предлагаемые средства по нейтрализации негативных факторов потенциального пожара.

Таблица 8 – «Средства нейтрализации негативных факторов пожара»

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели» [8]

Для обеспечения пожарной безопасности производственного участка предлагаются стандартные средства из резерва предприятия.

3.5 Экологическая безопасность

При построении технологических процессов в настоящее время уделяется внимание не только безопасности для персонала и пожарной безопасности, но и вопросам минимизации вредного воздействия на окружающую среду. При реализации технологического процесса возникают антропогенные факторы, которые нарушают естественное состояние

природы и при неблагоприятном исходе смогут стать причиной экологической катастрофы. В настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует осветить вопросы защиты основных составляющих природы – гидросферы, литосферы и атмосферы. Для обеспечения защиты окружающей среды могут применены стандартные средства и методики, которые для наглядности сведены в таблицу 9. Применение указанных средств позволяет обеспечить разумный уровень антропогенного действия производства.

Таблица 9 – Средства и методики по обеспечению экологической безопасности

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [8]
действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [8]
действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [8]

Выводы по экологическому разделу

При выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы проведена идентификация опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих выполнение операция проектного технологического процесса сборки и сварки рассматриваемого изделия.

Далее были предложены меры по нейтрализации негативных производственных факторов, представляющие набор стандартных методик и технических средств из резерва предприятия. Кроме того, были рассмотрены негативные воздействия производства на окружающую среду и предложены мероприятия по обеспечению экологической ответственности и грамотности.

4 Экономическое обоснование проектных решений

4.1 Анализ исходных данных для выполнения экономического обоснования

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сборки и сварки отопительных печей. При анализе состояния вопроса рассмотрен принцип работы отопительной печи длительного горения и особенности её устройства. Базовая технология сборки и сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки. В числе недостатков базовой технологии следует отметить низкую производительность выполнения сварочных работ, которая обусловлена применением ручной дуговой сварки. По этой же причине возникает значительное количество дефектов, исправление которых повышает трудоемкость производства и снижает его экономическую эффективность. При сварке наблюдается разбрызгивание электродного металла, что ухудшает внешний вид изделия и заставляет выполнять зачистку поверхности. Также следует отметить тяжелые условия труда сварщика. На основании вышеизложенного следует сделать вывод о целесообразности замены ручной дуговой сварки на более перспективный способ сварки.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы для повышения эффективности технологии выполнено обоснование замены способа сварки и предложены меры по расширению технологических возможностей сварки с применением отечественных разработок в области импульсного управления переносом электродного металла. Для выполнения экономических расчётов все исходные данные по применяемым технологиям и расчётным коэффициентам приведены в таблице 10. Применение предлагаемых решений позволяет повысить устранить перечисленные недостатки, повысить производительность и качество сварочных работ.

Таблица 10 – Исходные данные для экономического обоснования

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	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	60 тыс.	60 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	9	9
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	24	24
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [25]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

На основании представленных данных предстоит выполнить расчёт себестоимости (технологическая, цеховая, заводская) по базовому и проектному вариантам. Далее следует оценить величину капитальных затрат. Для оценки эффективности предлагаемых решений будут вычислены основные экономические показатели: «повышение производительности труда, снижение технологической себестоимости, снижение трудоемкости, условно-годовая экономия и годовой экономический эффект» [25].

4.2 Фонд времени оборудования

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

Поскольку в проектном варианте технологии предлагается использовать имеющуюся производственную базу, то годовой фонд времени по сравнению с базовым вариантом технологии не изменится. Для расчёта фонда времени необходимо задать количество смен $K_{см}$ и количество рабочих дней в году D_p , для рассматриваемого в выпускной квалификационной работе технологического объекта принимаем $K_{см}=2$ и $D_p=277$. «С учётом нормативов труда продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. В течение одного года есть предпраздничные дни в количестве $D_{п}=7$ дней, в эти дни на величину $T_{п}=1$ час происходит уменьшение продолжительности смены. С учётом представленных данных годовой фонд времени составит» [25]

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ часов.} \quad (1)$$

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

$$F_o = F_n(1 - B/100) = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ часов.} \quad (2)$$

Для проведения дальнейших расчётов по обоснованию эффективности предлагаемых решений принимаем эффективный фонд времени $F_o = 4108$ часов.

4.3 Штучное время и годовая программа

Годовая программа выпуска и составляющие технологической себестоимости проведения сварочных работ зависят от объемов времени, которое затрачивается на проведение рассматриваемых в настоящей выпускной квалификационной работе технологических операций при изготовлении (ремонте) одного изделия – штучного времени $t_{шт}$. Для расчета величины штучного времени $t_{шт}$ необходимо применить знания по нормированию труда. «Рабочее время затрачивается непосредственно на выполнение основных операций, что учитывается частью рабочего времени, обозначаемой как $t_{маш}$ – машинное время. Вспомогательное время $t_{всп}$ является частью штучного времени, которое расходуется на действия по обеспечению основной работы, упрощенно можно принять $t_{всп} = 0,1t_{маш}$. На обслуживание рабочего места расходуется время $t_{обсл}$ » [20], для которого в настоящей выпускной квалификационной работе можно принять $t_{обсл} = 0,05t_{маш}$. На личный отдых работника затрачивается время $t_{отд}$, для выполнения расчётов в настоящей выпускной квалификационной работе можно упрощенно принять $t_{отд} = 0,05t_{маш}$. На подготовку к сварке, изучение документации и сдачу работ расходуется подготовительно-заключительное время, которое упрощенно принимается как $t_{п-з} = 0,01t_{маш}$. Таким образом, расчёт штучного времени для базового $t_{шт.баз}$ и проектного $t_{шт.проектн.}$ вариантов технологии составит:

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

$$t_{шт.баз} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84 \text{ часов}$$

$$t_{шт.проектн.} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3,02 \text{ часов}$$

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

$$\Pi_r = F_3 / t_{шт.} \quad (4)$$

Согласно (4) были получены для базового варианта $\Pi_r = 4108/4,84 = 848$ изделий за год, для проектного варианта $\Pi_r = 4108/3,02 = 1360$ изделий за год.

С учётом реальной потребности производства предлагается для выполнения дальнейших экономических расчётов принимать 400 изделий в год.

С учётом годового эффективного фонда времени $F_3 = 4108$ часов, годовой программы $\Pi_r = 400$, коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$, штучного времени $t_{шт}$ количество оборудования рассчитывается как

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_r / (F_3 \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

По расчётам согласно (5) для базового варианта получаем для $t_{шт} = 4,84$ часов, $n_{расч.} = 4,84 \cdot 400 / (4108 \cdot 1,03) = 0,46$, при подстановке исходных данных в формулу (5) для проектного варианта получаем для $t_{шт} = 3,02$ часов, $n_{расч.} = 3,02 \cdot 400 / (4108 \cdot 1,03) = 0,29$. При построении технологического процесса принимаем количество технологического оборудования в базовом варианте и проектом варианте $n=1$. Расчётное и реальное количество оборудования связаны через коэффициент загрузки K_3 следующим образом

$$K_3 = n_{расч} / n. \quad (6)$$

По расчётам согласно (6) коэффициент загрузки оборудования для базового варианта равен $K_3 = 0,46/1 = 0,46$, для проектного варианта коэффициент загрузки равен $K_3 = 0,29/1 = 0,29$. Вычисленные таким образом значения коэффициента загрузки оборудования для рассматриваемых вариантов построения технологического процесса будут использованы для расчётного определения капитальных затрат. Снижение коэффициента загрузки оборудования в проектом варианте относительно базового варианта технологии объясняется повышением производительности труда, достигнутым за счёт внедрения предлагаемых технологических решений.

4.4 Заводская себестоимость рассматриваемых вариантов технологии

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

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

Согласно (7) для базового варианта построения технологии получаем $M_{баз.} = 197,84 + 286,1 = 483,94 \approx 484$ руб. Для проектного варианта технологического процесса стоимость материалов будет $M_{баз.} = 98,35 + 142,32 = 240,67 \approx 241$ руб.

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

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

Для базового варианта построения технологии значение штучного времени составляет $t_{шт} = 4,84$ часов, поэтому согласно (8) размер основной заработной платы $Z_{осн} = 4,84 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1820$ рублей; для проектного

варианта построения технологии значение штучного времени составляет $t_{шт} = 3,02$ часов, согласно (8) основная заработная плата $Z_{осн.} = 3,02 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1136$ рублей.

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

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

Для базового варианта построения технологического процесса величина основной заработной платы оставляет $Z_{осн} = 1820$ рублей, поэтому согласно (9) $Z_{доп} = 1820 \cdot 0,12 = 218$ рублей. Для проектного варианта построения технологического процесса величина основной заработной платы оставляет $Z_{осн} = 1136$ рублей, поэтому согласно (9) дополнительная заработная плата $Z_{доп} = 1136 \cdot 0,12 = 136$ рублей.

Фонд заработной платы ФЗП, являющийся составляющей технологической себестоимости, представляет собой сумму основной $Z_{осн}$ и дополнительной $Z_{доп}$ заработной платы. При выполнении операций согласно базового процесса размер ФЗП = $1820 + 218 = 2038$ рублей. При выполнении операций согласно проектного технологического процесса размер ФЗП = $1136 + 136 = 1272$ рублей.

«Размер отчислений на социальные нужды $O_{сн}$ пропорционален размеру фонда заработной платы ФЗП, для рассматриваемых условий принимается значение коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{сн} = 0,34$, с учётом которого» [19]:

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

Для базового варианта технологии ранее рассчитано значение ФЗП = 2038 рублей, поэтому согласно (10) отчисления на социальные

нужды $O_{\text{сн.}} = 2038 \cdot 34 / 100 = 693$ рублей. Для проектного варианта технологии ранее получено $\Phi 3\Pi = 1272$ рублей, поэтому согласно (10) отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн.}} = 1272 \cdot 34 / 100 = 432$ рублей.

Амортизационные отчисления $A_{\text{об}}$ являются составляющими затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ и рассчитываются с учётом нормы амортизации, которая принимается $N_a = 21,5\%$: эффективного фонда времени $F_э$, стоимости оборудования $\Pi_{\text{об}}$, которое для базового варианта составляет $\Pi_{\text{об}} = 60000$ рублей, для проектного варианта $\Pi_{\text{об}} = 60000$ рублей; машинного времени $t_{\text{маш}}$, которое для базового варианта составляет $t_{\text{маш}} = 4$ часов, для проектного варианта $t_{\text{маш}} = 2,5$ часов.

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

Для базового варианта технологии согласно (10) $A_{\text{об}} = 60000 \cdot 21,5 \cdot 4 / 4108 / 100 = 13$ рублей. Для проектного варианта технологии согласно (10) $A_{\text{об}} = 60000 \cdot 21,5 \cdot 2,5 / 4108 / 100 = 8$ рублей.

Ещё одной составляющей затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ являются затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$. Эти затраты рассчитываются с учётом цены электрической энергии $\Pi_{ээ}$, которая для рассматриваемого варианта принимается $\Pi_{ээ} = 3,02$ руб/кВт·ч; коэффициента полезного действия КПД, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и установленной мощности оборудования $M_{\text{уст.}}$.

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

Согласно (12) для базового варианта $P_{ээ} = 4 \cdot 9 \cdot 3,02 / 0,7 = 90$ рублей. Согласно (12) для проектного варианта $P_{ээ} = 2,5 \cdot 9 \cdot 3,02 / 0,85 = 56$ рублей.

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

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

С учётом ранее определенных значений, при подстановке в (13) для базового варианта технологии $Z_{об.} = 13+90 = 103$ рублей, для проектного варианта технологии $Z_{об} = 8+56 = 64$ рублей.

Технологическая себестоимость $C_{тех}$ является суммой фонда заработной платы (в базовом варианте ФЗП = 2038 рублей, в проектном варианте ФЗП = 1272 рублей), затрат на материалы (в базовом варианте $M = 484$ рублей, в проектном варианте $M = 241$ рублей) отчислений на социальные нужды (в базовом варианте $O_{сс} = 693$ рублей, в проектном варианте $O_{сс} = 432$ рублей), затрат на оборудование (в базовом варианте $Z_{об} = 103$ рублей, в проектном варианте $Z_{об} = 64$ рублей). Таким образом:

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сс} + Z_{об.} \quad (14)$$

По расчётам согласно (14) технологическая себестоимость для базового варианта $C_{тех} = 484+2038+693+103 = 3318$ рублей, для проектного варианта себестоимость составляет $C_{тех} = 241 + 1272 + 432 + 64 = 2209$ рублей.

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

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

По расчётам согласно (15) «цеховая себестоимость для базового варианта технологии $C_{цех} = 3318+1,5 \cdot 1820 = 3318+2730 = 6048$ рублей, для проектного варианта $C_{цех} = 2209+1,5 \cdot 1136 = 2209+1703 = 3712$ рублей.

Расчёт заводской себестоимости $C_{зав}$ ведется с учётом основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента заводских расходов $K_{зав} = 1,15$ » [25]:

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

Согласно (16) $C_{зав} = 6048+1,15 \cdot 1820 = 6048+2093 = 8141$ рублей для базовой технологии и $C_{зав} = 3712+1,15 \cdot 1136 = 3712+1305 = 5017$ рублей для проектной технологии.

Рассчитанные выше составляющие заводской себестоимости сведены в таблицу 11, по которой может быть построена сравнительная диаграмма, представленная на рисунке 23.

Таблица 11 – Данные для расчёта заводской себестоимости

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы»	М	484	241
2. Фонд заработной платы	ФЗП	2038	1272
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	693	432
4. Затраты на оборудование	Зоб	103	64
5. Технологическая себестоимость	С _{тех}	3318	2209
6. Цеховые расходы	Р _{цех}	2730	1703
7. Цеховая себестоимость	С _{цех}	6048	3712
8. Заводские расходы	Р _{зав}	2093	1305
9. Заводская себестоимость» [25]	С _{зав}	8141	5017

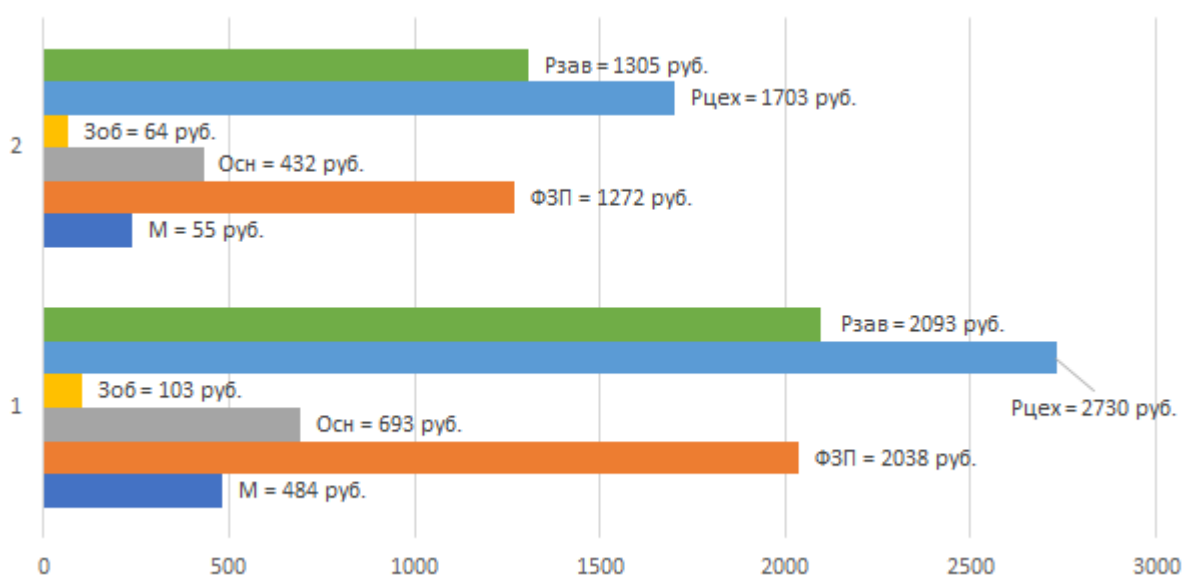


Рисунок 23 – Состав заводской себестоимости

На основании анализа структуры заводской себестоимости рассматриваемых вариантов технологии следует признать высокую эффективность предлагаемых решений. При этом в проектном варианте по сравнению с базовым отмечается существенное снижение затрат на материалы, фонд заработной платы и отчисления на социальные нужды.

4.5 Расчёт капитальных затрат

Остаточная себестоимость оборудования $\Pi_{об.б.}$ определяется расчётным путем исходя из продолжительности эксплуатации, которая принимается $T_c = 3$ года, и цены нового оборудования на рынке $\Pi_{перв.}$, которая принимается $\Pi_{перв.} = 60000$ рублей. Расчеты ведем с учетом нормы амортизационных отчислений $H_a = 21,5 \%$. Таким образом, остаточная стоимость оборудования составляет:

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

Согласно (17) $\Pi_{об.б.} = 60000 - (60000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 21300$ рублей.

Ранее для базового варианта был рассчитан коэффициент загрузки оборудования $K_z = 0,46$, с учётом которого для остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.} = 21300$ рублей общие капитальные затраты составят:

$$K_{общ. б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{z,б} = 21300 \cdot 0,46 = 9798 \text{ рублей}. \quad (18)$$

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

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

Согласно исходным данным для проектной технологии в настоящей выпускной квалификационной работе принимаем цену оборудования $\Pi_{об. пр.} = 60000$ рублей, коэффициент транспортно-заготовительных расходов $K_{tz} = 1,05$ и коэффициент загрузки оборудования $K_z = 0,29$. Далее выполним расчёт капитальных затрат на оборудование $K_{об. пр.}$:

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

По результатам подстановки в (20) исходных данных размер капитальных затрат на оборудование при реализации проектной технологии составляет $K_{об.пр} = 600000 \cdot 1,05 \cdot 0,29 = 18270$ рублей.

Сопутствующие капитальные затраты $K_{соп}$ рассчитываются с учётом расходов на монтаж нового оборудования $P_{мон}$ и расходов на демонтаж оборудования, которое ранее было использовано при реализации базовой технологии» [19] $P_{дем}$. Расчёты ведутся по формуле

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

Для рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технологического процесса принимаем коэффициент расходов на демонтаж оборудования $K_{дем} = 0,05$. С учётом ранее заданной цены оборудования $Ц_{об.б} = 60000$ рублей расходы на демонтаж $P_{дем}$ составят:

$$P_{дем} = Ц_{об.б} \cdot K_{д} = 60000 \cdot 0,05 = 3000 \text{ рублей}. \quad (22)$$

«Величина расходов на монтаж оборудования оценивается по цене оборудования $Ц_{об.пр}$, с учётом значения коэффициента расходов на монтаж, который принимается $K_{мон} = 0,05$ » [25]:

$$P_{монт} = Ц_{об.пр} \cdot K_{м} = 60000 \cdot 0,05 = 3000 \text{ рублей}. \quad (23)$$

Расчётное значение сопутствующих расходов $K_{соп}$ согласно (21) составляет $K_{соп} = 3000 + 3000 = 6000$ рублей.

Расчётное значение капитальных затрат по проектной технологии $K_{общ.пр}$ согласно (19) составляет $K_{общ.пр} = 18270 + 6000 = 24270$ рублей.

На основании рассчитанных ранее капитальных затрат по проектной технологии $K_{общ.пр} = 24270$ рублей и капитальных затрат по базовой технологии $K_{общ.б} = 9798$ рублей рассчитываем дополнительные капитальные затраты $K_{доп}$:

$$K_{доп} = K_{общпр} - K_{общб} = 24270 - 9798 = 14472 \text{ рублей}. \quad (24)$$

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

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

Согласно (25) базовый вариант предполагает удельные капитальные вложения $K_{уд} = 9798/400 = 24,50$ руб./ед. Проектный вариант предполагает удельные капитальные вложения $K_{уд} = 24270 /400 = 60,68$ руб./ед.

4.6 Расчёт экономических показателей

«Для обоснования эффективности предлагаемых в работе решений применяются объективные показатели, расчёт которых выполняется с использованием полученных ранее значений» [25].

Первым объективным показателем является снижение трудоемкости $\Delta t_{шт}$, которое определяется исходя из штучного времени для проектного варианта $t_{шт пр} = 0,42$ часов и штучного времени для базового варианта $t_{шт б} = 1,008$ часов:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт б} - t_{шт пр}) \cdot 100 \% / t_{шт б} = (1,008 - 0,42) \cdot 100 \% / 1,008 = 58 \%. \quad (26)$$

Следующим объективным показателем эффективности проектной технологии является повышение производительности труда $\Pi_{г}$, рассчитываемая как

$$\Pi_{г} = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}) = (100 - 58) / (100 - 58) = 61 \%. \quad (27)$$

Следующим объективным показателем является «снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$, которая рассчитывается для технологической себестоимости по базовой технологии $C_{тех.б} = 3318$ рублей и себестоимости по проектной технологии $C_{тех.пр.} = 2009$ рублей» [25]:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} = (3318 - 209) \cdot 100\% / 3318 = 40\% \quad (28)$$

Для расчёта условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$ применяются ранее определенное значение заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам $C_{\text{зав.б.}} = 8141$ рублей и $C_{\text{тех.пр.}} = 5017$ рублей. Расчёты ведутся по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\text{г}} = (8141 - 5017) \cdot 400 = 1248884 \text{ рублей.} \quad (29)$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ рассчитывается для $K_{\text{доп}} = 14472$ рублей и $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 1248884$ рублей по формуле:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} = 14472 / 1248884 = 0,35 \text{ года.} \quad (30)$$

Для рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технологического процесса принимается значение коэффициента окупаемости затрат $E_{\text{н}} = 0,33$. С учётом дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}} = 14472$ рублей и условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 1248884$ рублей рассчитываем годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} = 1248884 - 0,33 \cdot 14472 = 1244108 \text{ рублей.} \quad (31)$$

После того, как был выполнен расчёт экономических показателей производства в базовом и проектном вариантах можно сделать вывод, что предлагаемые технологические решения, реализованные в проектной технологии, позволяют уменьшить трудоемкость процесса на 38 %, при этом следует ожидать повышения производительности труда на 61 %. За счёт уменьшения расходов технологическая себестоимость по сравнению с базовым вариантом технологии уменьшится на 40 %. Величина годового экономического эффекта с учетом капитальных вложений составляет более одного миллиона рублей, что позволяет сделать вывод о целесообразности внедрения в производство результатов настоящей выпускной квалификационной работы.

Заключение

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности работ при выполнении сварочных операций в процессе изготовления металлических конструкций на примере отопительных печей длительного горения. В ходе работы над введением выполнен краткий анализ состояния вопроса, обоснована актуальность исследования и сформулирована цель выпускной квалификационной работы.

При анализе состояния вопроса рассмотрен принцип работы отопительной печи длительного горения и особенности её устройства. Базовая технология сборки и сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки. В числе недостатков базовой технологии следует отметить низкую производительность выполнения сварочных работ, которая обусловлена применением ручной дуговой сварки. По этой же причине возникает значительное количество дефектов, исправление которых повышает трудоемкость производства и снижает его экономическую эффективность. При сварке наблюдается разбрызгивание электродного металла, что ухудшает внешний вид изделия и заставляет выполнять зачистку поверхности. Также следует отметить тяжелые условия труда сварщика. На основании вышеизложенного следует сделать вывод о целесообразности замены ручной дуговой сварки на более перспективный способ сварки.

Выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации в сети ИНТЕРНЕТ с применением баз знаний «Диссеркэт» (база кандидатских и докторских диссертаций по различным наукам), «Киберленинка» (база научных статей по различным наукам), «Патонпаблишхаус» (база статей украинских исследователей-сварщиков), архивы журнала «Сварка и диагностика», архивы журнала «Сварочное производство», архивы журнала «Технология машиностроения», база знаний «Е-Лайбрери».

На основании анализа известных решений и источников научно-технической информации для построения проектного технологического процесса были рассмотрены различные способы сварки, которым была дана экспертная оценка. По результатам анализа преимуществ и недостатков каждого способа для построения проектной технологии принята механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Сформулированы недостатки механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Первым недостатком является укрупнение структуры наплавленного металла и зоны термического влияния. Вторым недостатком является текучесть расплавленного металла, которая становится причиной образований несплавлений и трещин. Третьим недостатком является усиленное разбрызгивание электродного металла, которое становится причиной загрязнения поверхности детали брызгами металла, повышает трудоемкость процесса из-за необходимости очистки поверхности и ухудшает условия труда сварщика. Четвертым недостатком является малая пространственная стабильность сварочной дуги.

В ходе литературного поиска по вопросу повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и расширения технологических возможностей этого способа предложено применить разработку российских исследователей-сварщиков.

Разработана проектная технология сварки изделий, для которой составлен перечень технологических операций, назначены оптимальные параметры режима сварки и выбрано оборудование.

Выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, негативно влияющих на персонал и окружающую среду, предложены мера защиты от них. На основании анализа результатов расчета изменяющихся экономических показателей сделан вывод о целесообразности внедрения предлагаемых решений в производство. Годовой экономический эффект составляет более 1 миллиона рублей. Поставленная цель может считаться достигнутой.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1292959 СССР. Способ дуговой сварки плавящимся электродом с короткими замыканиями дугового промежутка и устройство для его осуществления / Князьков А. Ф., Гребенников А. А., Сараев Ю. Н.; Заявл. 29.04.1985; Опубл. 28.02.1987, Бюл. № 8. 9 с.
2. Бернадский В.Н., Мазур А.А. Состояние и перспективы мирового сварочного рынка // Автоматическая сварка. 1999. № 11. С. 49-55.
3. Бернадский В. Н., Маковецкая О. К. Вклад сварки в экономику США // Сварочное производство. 2004. № 5. С. 43-50.
4. Букаев А. В., Ельцов Д. С., Великий А. В. Особенности воспитания психологической устойчивости курсантов на основе примеров реального боевого опыта // Вестник военного образования. 2021. № 5. С. 61-65.
5. Вертакова Ю. В., Плотников В. А.. Перспективы импортозамещения в высокотехнологичных отраслях промышленности. // Аналитический вестник. 2015. № 27. С. 7-20.
6. Волченко, В.Н. Контроль качества сварных соединений / В.Н. Волченко. – М: Машиностроение. 1986. – 172 с.
7. Волченко В.Н. Эффективность сварочных процессов с учетом энергетической классификации. М.: Машиностроение, 1967. 320 с.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
9. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
10. Гулаков С. В., Носовский Б. И. К вопросу построения модели сварочной ванны при дуговой сварке плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 2002. № 9. С. 24–28.

11. Дудко Д. А., Сидорчук В. С., Зацерковный С. А. Технология ручной дуговой сварки покрытыми электродами с модуляцией параметров режима // Автоматическая сварка. 1991. № 12. С. 59–60.
12. Дятлова, В. Н. Коррозионная стойкость металлов и сплавов. М. : Машиностроение, 1964. 351 с.
13. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
14. 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.
15. Крампит А. Г. Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технический научно-производственный журнал. № 7. 2016. С. 18-23.
16. Крампит Н. Ю., Крампит А. Г., Князьков С. А. Исследования влияния параметров импульсов на формирование шва при импульсном питании сварочной дуги // Автоматизация и современные технологии. 2004. № 2. С. 3-8.
17. Крампит Н. Ю., Крампит А. Г., Князьков С. А. Особенности импульсного управления процессом сварки в CO₂ длинной дугой // Автоматизация и современные технологии. 2002. № 9. С. 12-15.
18. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Крампит М. А. Сварка с импульсным питанием в углекислом газе при работе системы с обратными связями // Вестник науки Сибири. 2011. № 1. С. 715–721.
19. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
20. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

21. Лебедев В. А., Кузьмин С. А., Новгородский В. Г. Управление процессом механизированной сварки в углекислом газе с использованием параметров переноса электродного металла // Сварочное производство. 2002. № 5. С. 6-14.

22. 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.

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

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

25. 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.

26. Патент № 2219032 РФ, МКИ В23К35/365. Состав электродного покрытия / Лозовский М. М., Волохов А. П., 2003.

27. Патон Б. Е., Римский С. Т., Галинич В. И. Применение защитных газов в сварочном производстве // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 17–24.

28. Перерва О. Л. Экономика инновационных процессов на промышленном предприятии // Экономическая наука современной России. 2005. № 2. С. 89–96.

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

30. Радченко И. Ю. Влияние модифицирующих добавок на структуру стали Ст3 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallургия. 2012. № 39. С. 67–70.

31. Трофимов О.В., Ефимычев Ю.И., Трофимова Т.В. Методика выбора инновационной стратегии развития промышленного предприятия // Креативная экономика. 2010. № 5. С. 8–13.

32. Шейко П. П., Жерносеков А. М., Шимановский Ю. О. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с автоматической стабилизацией параметров режимов // Автоматическая сварка. 2004. № 1. С. 8–11.

33. Якушин Б. Ф., Потапов С. В., Килёв В. С. О прямом модифицировании сварочной ванны при автоматической сварке под флюсом // Евразийский союз учёных. 2015. № 12. С. 126–133.

34. Steel Statistical Yearbook // International Iron and Steel Institute of Economic Studies. Brussels. 2004. 192 p.

35. Welding's economic impact established // Welding Journal. 2002. № 4. P. 4.