

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 сварки металлических стеллажей

Обучающийся

А.С. Соврасов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Э. Советкин

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2025

Аннотация

Работа направлена на повышение технологических и экономических показателей предприятия, выполняющего изготовление металлических конструкций на примере металлических стеллажей. Базовая технология предусматривает применение ручной дуговой сварки. Однако повышение годовой программы и требования к качеству сварных соединений заставляют рассматривать применение более производительных способов сварки. При анализе исходных данных рассмотрена конструкция стеллажа и выполняемые сварные швы, особенности сварки его материала и операции базового процесса сварки, после чего сформулированы недостатки базовой технологии, далее на основании литературного обзора сформулированы задачи. На основании экспертизы рассматриваемых способов сварки на предмет эффективности применения к рассматриваемой конструкции с выставлением экспертной оценки по предложенным технологическим критериям обоснован выбор механизированной сварки в защитных газах для выполнения сварочных операций при реализации проектной технологии. Проведенный литературный обзор обеспечил принятие решений по расширению технологических возможностей принятого к реализации способа сварки. Принятые решения учтены при составлении проектной технологии сборки и сварки металлических конструкций на примере стеллажей. В оценочных разделах выполнено обоснование возможности реализации операций процесса без дополнительного повышения уровня производственного риска и антропогенного действия на окружающую среду. Также показано, что применение предлагаемых решений обеспечивает повышение экономических показателей предприятия, что позволяет сделать вывод о целесообразности внедрения предлагаемых в работе решений в производство.

Содержание

Введение	5
1 Анализ исходных данных и известных решений по тематике выпускной квалификационной работы.	6
1.1 Особенности конструкции стеллажей и выполнения сварных швов.	6
1.2 Сведения о материале для изготовления стеллажей	8
1.3 Особенности базовой технологии сборки и сварки	9
1.4 Анализ научной литературы по рассматриваемой тематике.	13
1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	16
2 Построение проектной технологии сварки стеллажей.	17
2.1 Обоснование выбора способа сварки построения проектной технологии изготовления металлических стеллажей.	19
2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах	24
2.3 Описание операций проектного технологического процесса сварки стеллажей.	29
3 Промышленная безопасность производственного участка.	33
3.1 Описание технологического объекта и постановка оценочной задачи	33
3.2 Идентификация негативных производственных факторов.	34
3.3 Нейтрализация негативных производственных факторов.	36
3.4 Пожарная безопасность производственного участка	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности производственного участка.	40
4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений.	42
4.1 Исходные данные для экономического расчёта.	42

4.2 Фонд времени работы оборудования.	44
4.3 Расчёт штучного времени и годовой программы производства. .	45
4.4 Заводская себестоимость.	47
4.5 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам.	52
4.6 Расчёт изменяющихся технологических показателей.	54
Заключение	56
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

В настоящее время проходит глубокая модернизация всего производства Российской Федерации, связанная с анонсированным техническим прорывом. Сварочное производство, которое является основным потребителем новых промышленных технологий, также должно быть модернизировано. Повышение показателей производственных процессов в первую очередь достигается за счёт повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции. Одновременное повышение эффективности технологического процесса и снижения его себестоимости возможно при укрупнении производства, что позволяет применять самые современные сварочные процессы и средства автоматизации.

В настоящее время производство складских и вспомогательных стеллажей выполнялось различными подсобными предприятиями и не претерпело значительных изменений по сравнению с основными производствами. В основном при изготовлении стеллажей продолжает применяться ручная дуговая сварка, введение которой в технологический процесс приводит к существенному уменьшению производительности и качества работ по сравнению с производственными участками, использующими механизированные, автоматизированные и роботизированные способы сварки.

Проходящая модернизация производства и открытие новых сборочных цехов заставляет повышать производительность изготовления стеллажей, поэтому актуальность выбранного направления исследования очевидна.

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных процессов при изготовлении металлических стеллажей. Достижение поставленной цели предусматривает модернизацию технологического процесса с использованием современных достижений отечественной и зарубежной сварочной науки.

1 Анализ исходных данных и известных решений по тематике выпускной квалификационной работы

1.1 Особенности конструкции стеллажей и выполнения сварных швов

Стеллаж, который представлен на рисунке 1, выполняется из профильного проката и листовых заготовок с применением ручной дуговой сварки. Толщина свариваемого материала составляет от 3 до 6 мм.

Для изготовления каркаса стеллажа применяется уголок с полками 63 на 63 мм и толщиной стенки 5 или 6 мм. Для изготовления проушин применяется круг из стали Ст3 диаметром 8 мм. Для изготовления горизонтальных полок применяется лист из стали ст3 толщиной 4 мм.

Конструкция стеллажа содержит угловые, тавровые, нахлесточные и стыковые сварные швы, которые выполняются по ГОСТ 5264-80 с применением электродов Э-46. На рисунке 2 представлены основные сварные швы и их расположение на стеллаже. Стеллаж после выполнения сварки становится неразборным, его масса составляет порядка 150 кг, что обеспечивает устойчивость в процессе использования по назначению.

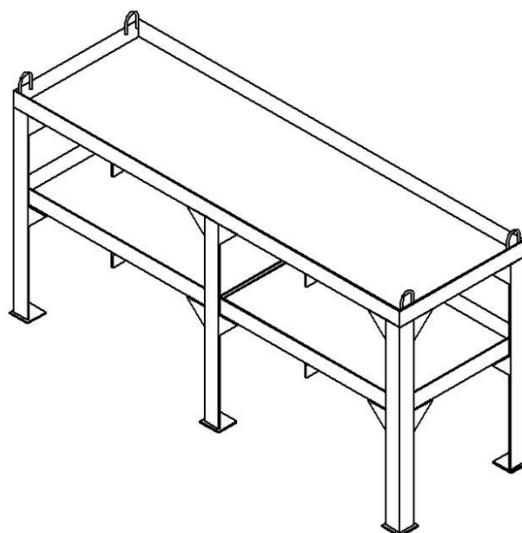


Рисунок 1 – Общий вид рассматриваемого стеллажа

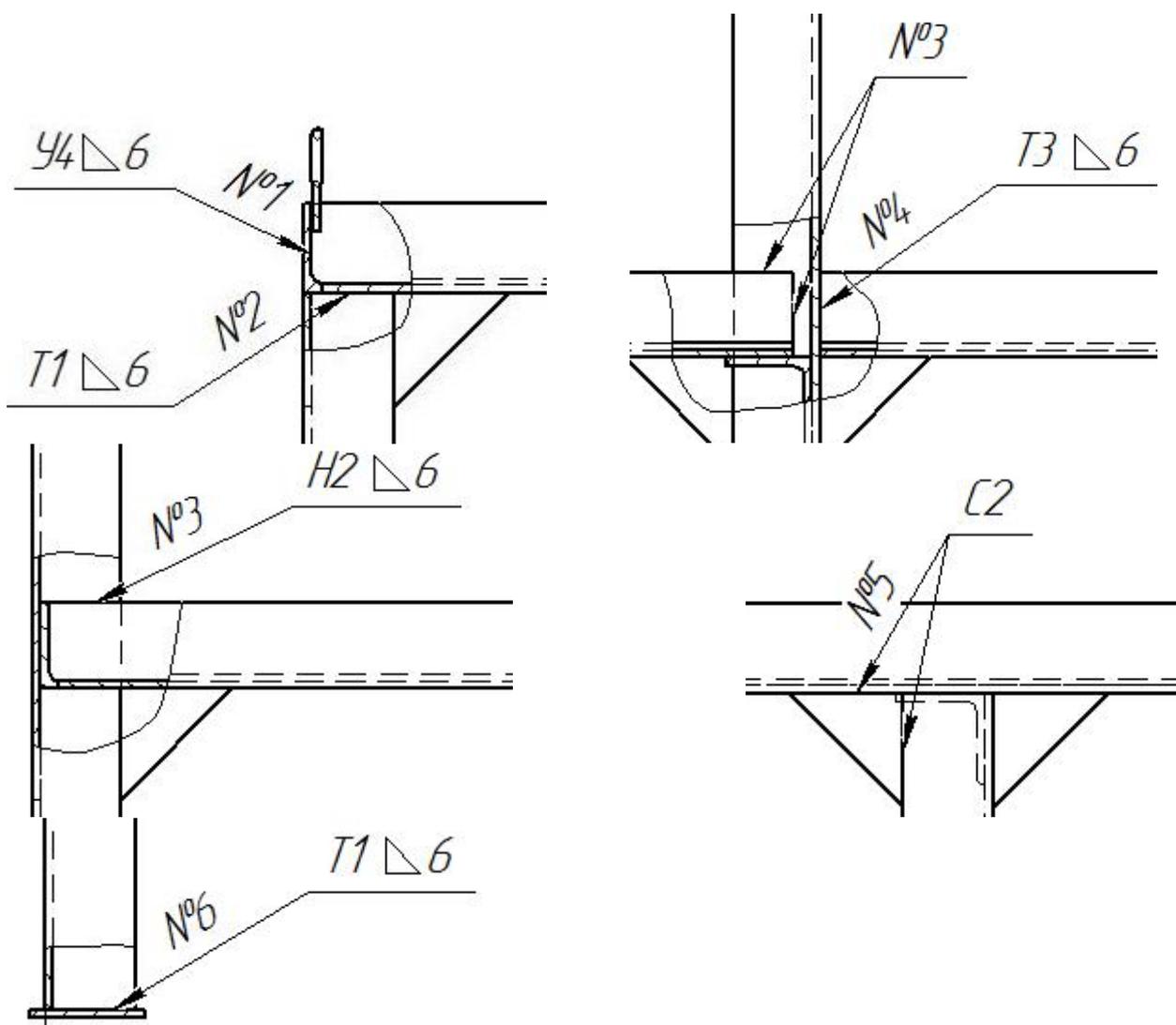


Рисунок 2 – Сварные швы, выполняемые при изготовлении стеллажа

Первый сварной шов является угловым, количество таких швов на одном изделии составляет 8 штук, катет шва составляет 6 мм. Второй шов является тавровым, количество таких швов на изделии составляет 12 штук, катет шва равен 6 мм. Третий сварной шов является нахлесточным, количество их составляет 18 штук и выполняется с катетом 6 мм. Пятый шов – стыковой в количестве 48 штук. Шестой – тавровый с катетом 6 мм в количестве 12 штук. Седьмой – нахлесточный прерывистый с катетом 5 мм. Восьмой – угловой с катетом 6 мм в количестве 8 штук. После сварки стеллаж покрывается защитной эмалью НЦ-132. Нагрузка на стеллаж допускается до 450 кг на квадратный метр горизонтальной поверхности, что позволяет вести сортировку всех типов поступающих на склад грузов.

1.2 Сведения о материале для изготовления стеллажей

Для изготовления стеллажей применяется сортовой и листовой прокат из стали ст3, которая широко используется в металлических конструкциях, к которым не предъявляется повышенных требований по прочности и массе. Химический состав стали ст3 представлен в таблице 1, в составе стали содержится углерод в количестве порядка 0,17 %, марганец в количестве порядка 0,5 % и кремний в количестве порядка 0,2 %. Сера и фосфор являются вредными примесями, их содержание в стали составляет соответственно не более 0,03 % и не более 0,04 %.

Таблица 1 – Состав стали ст3

Fe	C	Mn	Si	P	S
Основа	0,17 %	0,5 %	0,2 %	0,03 %	0,04 %

Несмотря на относительную дешевизну и малое содержание легирующих элементов, в конструкциях, выполненных из рассматриваемой стали, достигается высокая прочность усталостному разрушению, до образования усталостных трещин конструкция выдерживает от 10 до 40 тысяч циклов нагружения [21].

При анализе свойств стали ст3 следует отметить её низкую стойкость против атмосферной коррозии и высокой влажности, поэтому конструкции из стали ст3 должны быть покрыты защитным слоем краски или эмали. Особенно критичными с точки зрения коррозионной стойкости являются места выполнения сварных швов, поэтому для повышения их стойкости против коррозии рекомендовано при изготовлении сварочных материалов применять модифицирующие добавки [20].

Сталь ст3 сваривается с применением всех доступных способов, ограничения по способам сварки и толщине отсутствуют. Предварительного подогрева и термической обработки не требуется.

1.3 Особенности базовой технологии сборки и сварки

При изготовлении стеллажей выполняется ряд операций. Первая – очистка поверхности сортового и листового проката. Вторая операция – правка проката. Третья операция является разметочной и предшествует четвертой операции – резке. Далее следует пятая операция – транспортная, в ходе которой заготовки перемещаются на участок сварки. Шестая операция – сборка и сварка. Седьмая операция – контроль качества.

Предварительно проводят очистку поверхности проката с применением представленной на рисунке 3 мобильной пескоструйной установки DBS-100. При рабочем давлении сжатого воздуха 10 бар и расходе 11,6 м³ в минуту применяется абразив SA-3 с расходом 50 кг на 1 квадратный метр поверхности.



Рисунок 3 – Мобильная пескоструйная установка DBS-100

После очистки проката проводят проверку его состояния. Правку сортового проката проводят в случае, если кривизна составляет более 5 мм на 1 метр длины. Проверку кривизны сортового проката выполняют с применением металлической линейки и угольника. Правку сортового проката выполняют с применением представленной на рисунке 4 сортоправильной машины JZJ20-40. Скорость правки проката составляет 0,25...0,5 метра в секунду при моменте правки 600 кгс·м. Для правки листового проката применяется представленная на рисунке 5 многовалковая машина МЛЧ-1725.



Рисунок 4 – Малоразмерная сортоправильная машина JZJ20-40



Рисунок 5 – Многовалковая правильная машина МЛЧ-1725

Для разметки применяют металлическую рулетку, металлическую линейку и чертилку. Отклонения размеров при разметке должны составлять не более 1 мм. Для резки сортового проката применяется лентопильный станок JET HVBS-56M, который представлен на рисунке 6-а. Для резки листового проката применяются гильотинные ножницы.

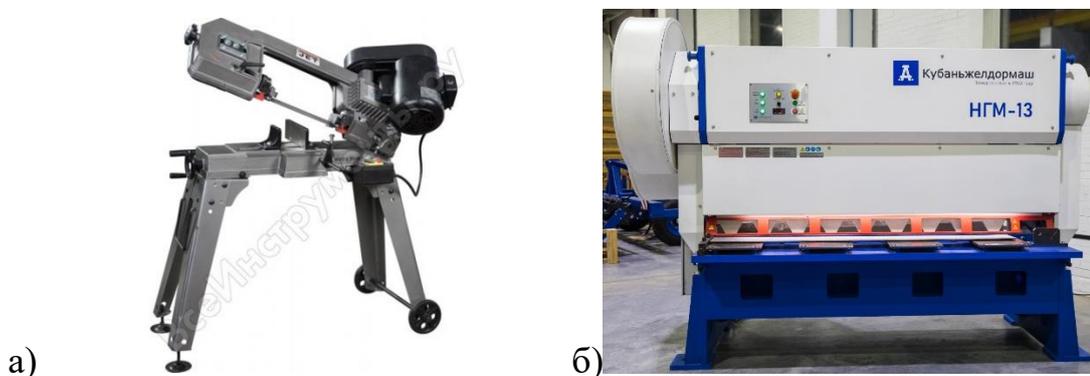


Рисунок 6 – Оборудование для резки: лентопильный станок (а) и гильотинные ножницы (б)

Для транспортировки заготовок на участок сварки применяется представленный на рисунке 7 крюковый однобалочный кран, скорость транспортного перемещения составляет 40 метров в минуту, скорость подъема груза составляет 25 метров в минуту.



Рисунок 7 – Крюковый однобалочный кран

Для сборки заготовок применяется представленный на рисунке 8 стенд, применение которого позволяет с достаточной точностью размещать и фиксировать заготовки стеллажа относительно друг друга. При сборке допускается зазор между сопрягаемыми заготовками не более 2 мм. Приспособление обеспечивает свободный доступ сварщика ко всем выполняемым швам.



Рисунок 8 – Сборочный стенд

После сборки заготовок выполняют прихватку, прочность выполнения которой должна позволять перемещение стеллажа без нарушения его целостности и геометрии. Для сварки и прихватки применяется выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 9, и сварочные электроды УОНИ 13/55 диаметром 3 и 4 мм.

Сварка ведется в закрытых от осадков отапливаемых цехах при температуре воздуха не менее 18 °С. В исключительных случаях, если не удастся поддерживать в цехе комфортную температуру, работы могут проводиться при температуре до - 10 °С. В этом случае перед сваркой следует подогреть кромки до температуры 120...150 °С на ширину до 60 мм с использованием газового пламени. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. При использовании электродов диаметром 3 мм ток сварки составляет 80...120 ампер. При использовании электродов диаметром 4 мм ток сварки составляет 120...160 ампер.



Рисунок 9 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

Для приемочного контроля проводят визуальный осмотр и замер сварного шва. По результатам контроля качества не допускается наличие трещин всех видов и направлений. Поры должны иметь максимальный размер не более 1,6 мм. Не допускаются свищи и газовые полости длиной более 1,6 мм. Не допускается наличие шлаковых включений размерами более 1,6 мм.

1.4 Анализ научной литературы по рассматриваемой тематике

Для того, чтобы обеспечить постановку и оптимальное решение задач на выполнение выпускной квалификационной работы, необходимо изучение научной литературы, что делает возможным применение современных достижений российской науки. Для обеспечения высокого уровня предлагаемых разработок следует провести поиск и анализ источников научно-технической информации по рассматриваемому вопросу. Для поиска предлагается применить поисковые системы, работающие в сети ИНТЕРНЕТ. Особое внимание следует уделить базам знаний, таким как «Киберленинка», «Диссеркат», «Е-лайбрери» и «ПатонПаблиц». В базе «Диссеркат» имеется информация по диссертациям, которые были защищены по техническим наукам, в ней в открытом доступе могут быть найдены сами диссертации или авторефераты диссертаций. В случае, если автореферат или диссертация в базе отсутствуют, там будет выложена актуальность, методика и результаты исследования, а также полный список библиографических источников, который может быть использован в дальнейшей работе. В базе «Киберленинка» выложены в открытом доступе статьи в журналах и сборниках, система поиска позволяет найти и отфильтровать результаты. В базе «Е-лайбрери» выложена информация о научных работниках, их публикациях, есть возможность получить бесплатно или заказать за деньги тексты статей, описания патентов на изобретения. В базе знаний «ПатонПаблиц» выложены в открытом доступе статьи украинских исследователей-сварщиков, в основном, работающих совместно с сотрудниками Института электросварки им. Е.О. Патона. Таким образом, для дальнейшего анализа следует выбрать несколько наиболее представительных источников, которые послужат основой для написания выпускной квалификационной работы.

Для грамотной постановки задач на выполнение выпускной квалификационной работы и построения проектной технологии необходимо изучение научной литературы по вопросу повышения эффективности сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей. Необходимо рассмотреть достижения в области сварки как российских исследователей, так и зарубежный опыт. Поиск источников научно-технической информации предлагается вести по базам знаний, которые включают в себя научные статьи, диссертации и описания изобретений. В Российском сегменте интернета такими базами знаний являются «Киберленинка» (содержит тексты научных статей журналов и сборников, написанные по техническим и гуманитарным наукам), «Е-лайбрери» (содержит тексты статей журналов, сборников, описаний к изобретениям по техническим наукам), «Диссеркат» (содержит тексты диссертаций и авторефератов диссертаций по техническим и гуманитарным наукам), «ПатонПаблиц» (содержит тексты статей, написанных украинскими исследователями-сварщиками). Для изучения предлагается взять пять источников научно-технической информации из раздела повышения эффективности сварочных операций, при этом желательно рассмотреть различные способы сварки, которые в дальнейшем будут применены для обоснования выбора способа сварки при построении проектной технологии. Предварительно в качестве таких способов сварки следует рассмотреть ручную дуговую сварку, механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированную сварку порошковой проволокой в защитных газах, механизированную сварку порошковой самозащитной проволокой. В дальнейшем, если в ходе литературных изысканий будут обнаружены другие перспективные способы сварки, при помощи которых можно будет сваривать рассматриваемую конструкцию, то их также следует включить в список для обоснования выбора способа сварки.

В первой работе [10] «описаны результаты исследований в области повышения эффективности сварки в защитных газах проволокой сплошного

сечения с импульсным управлением процессом переноса электродного металла» [10]. В результате повышается стабильность горения дуги и формирования сварного шва. Также следует ожидать улучшения условий формирования обратного валика при выполнении протяженных сварных швов с односторонним подходом. Данная работа «позволяет судить о высоком потенциале механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, эффективность которой может быть существенно повышена применением импульсного управления переносом электродного металла. Таким образом, при обосновании выбора способа сварки при построении проектной технологии следует рассмотреть механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Также эту работу следует принять к рассмотрению при построении проектной технологии сварки» [10].

Во второй работе [19] обобщен опыт применения порошковой проволоки для изготовления и ремонта конструкций различного назначения. Предложена порошковая проволока ПП-АН198, которая позволяет получать плотные швы и «наплавленный металл при выполнении наплавки. Данная работа позволяет судить о высокой эффективности сварки самозащитной порошковой проволокой и сварки в защитных газах порошковой проволокой. При обосновании выбора способа сварки для построения проектной технологии эта работа должна быть использована» [19].

В третьей работе [1] доказана высокая эффективность сварки с применением предлагаемой газовой смеси, содержащей добавки озона. Улучшается внешний вид сварного соединения, повышается его качество, структура сварного шва имеет мелкочашуйчатый характер. По внешнему виду и качеству сварного шва сходен с аналогичным швом, полученным при автоматической сварке под флюсом. Применение добавки озона позволяет устранить разбрызгивание и существенно повышает пространственную стабильность сварочной дуги при сварке во всех положениях. Данная работа «позволяет судить о высоком потенциале механизированной сварки в

защитных газах проволокой сплошного сечения, эффективность которой может быть существенно повышена применением импульсного управления переносом электродного металла. Таким образом, при обосновании выбора способа сварки при построении проектной технологии следует рассмотреть механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Также эту работу следует принять к рассмотрению при построении проектной технологии сварки» [1].

В четвертой работе [5] «проведены исследования по повышению эффективности сварки с применением покрытых электродов, что достигнуто за счёт оптимизации технологии и параметров режима при моделировании теплового состояния металла в зоне сварки. Данная работа расширяет возможности ремонтной сварки покрытыми электродами и будет использована при обосновании выбора способа сварки при построении проектной технологии сварки» [5].

В пятой работе [3] «исследовалось влияние параметров режима на глубину проплавления при механизированной сварке в защитных газах проволокой сплошного сечения. Составлена математическая модель для прогнозирования формы сварного шва и рекомендации по повышению эффективности процесса сварки. Данная работа демонстрирует высокий потенциал сварки в защитных газах и будет использована при обосновании выбора способа сварки для составления проектной технологии» [3].

На основании изученных работ по вопросу повышения эффективности сварки металлических конструкций могут быть рекомендованы такие способы сварки: ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, механизированная сварка в защитных газах порошковой проволокой и механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой. В ходе выполнения исполнительского раздела выпускной квалификационной работы будет проведено обоснование выбора способа сварки для построения проектной технологии на основе экспертной оценки предлагаемых к рассмотрению способов.

1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

Выпускная квалификационная работа посвящена построению технологии массового выпуска металлических для торговых предприятий и складских хозяйств.

В настоящем разделе были представлены материалы, анализ которых позволят выполнить постановку задач, решение которых обеспечит повышение показателей промышленного предприятия и достижение поставленной цели. Показано, что применение в базовой технологии ручной дуговой сварки не отвечает современным требованиям по эффективности и заставляет вести поиск других способов сварки для реализации технологического процесса. Далее проведен литературный поиск с использованием современных баз знаний по техническим наукам, результаты которого обусловили оптимальную формулировку задач на выполнение работы. При выполнении первой задачи следует провести экспертизу рассматриваемых способов сварки на предмет достижения требуемых показателей технологических критериев, на основании которой для реализации проектного технологического процесса можно будет рекомендовать способ сварки, заменяющий способ при реализации базовой технологии. При решении второй задачи следует предложить комплекс решений по расширению технологических возможностей выбранного способа сварки с учетом современных достижений науки в области управления сварочными процессами. При решении третьей задачи необходимо дать перечень операций, составляющих проектный технологический процесс, с указанием условий их выполнения и назначением оптимальных параметров режима. При выполнении оценочных разделов предстоит рассмотреть предлагаемые решения с точки зрения промышленной и экологической безопасности [2], [4], провести экономическое обоснование [12], [16].

2 Построение проектной технологии сварки стеллажей

2.1 Обоснование выбора способа сварки построения проектной технологии изготовления металлических стеллажей

При построении проектной технологии изготовления металлической конструкции первоначально следует определиться со способом сварки, который необходимо выбирать исходя из критериев технологичности и объективного анализа возможности предприятия по реализации технологических процессов [6], [16]. В зависимости от того, проектируется ли рассматриваемый производственный участок с нуля или с опорой на уже имеющиеся на предприятии производственные мощности, варьируется глубина модернизации сварочного оборудования и применяемых технологий.

Предварительно проведем анализ применяемого материала. Стеллажи изготавливаются из стали Ст3, для которой могут быть применены все доступные способы сварки без ограничений. Толщина свариваемого материала составляет от 3 до 6 мм, что позволяет рассматривать самый широкий спектр при выборе способов сварки. Далее рассмотрим особенности геометрии пространственного положения сварных швов. Рассматриваемая конструкция содержит короткие швы, расположенные в различных местах, по классификации сварных конструкций рассматриваемый стеллаж может быть отнесен к решетчатым конструкциям. Для его изготовления применение автоматических способов (например, автоматическая сварка под флюсом, автоматическая сварка в защитных газах) считается нецелесообразным. Однако сварка рассматриваемой конструкции может быть с успехом роботизирована, поэтому при выборе способа сварки необходимо предпочтение отдавать таким способам, которые могут быть реализованы с применением роботов (сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения).

«На основании вышеизложенного для построения проектной технологии будут рассмотрены: ручная дуговая сварка, сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварка порошковой проволокой. Самым универсальным и распространенным способом считается ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 10. В настоящий момент на предприятиях Российской Федерации накоплено значительное количество источников питания различного поколения разработки для ручной дуговой сварки, которые могут быть незамедлительно применены при построении реализации технологии, что существенно снижает объем средств, затрачиваемых предприятием на освоение выпуска новой продукции. Ручная дуговая сварка характеризуется высокой универсальностью» [15] и не предъявляет серьезных требований к инструментальному обеспечению процесса.



Рисунок 10 – Схема ручной дуговой сварки

«Критическими недостатками ручной дуговой сварки являются указать тяжелые условия труда сварщика, которому приходится работать во вредных сварочных аэрозолях и подвергаться излучению сварочной дуги. Также следует указать на низкую стабильность качества сварных соединений, которое в значительной мере зависит от квалификации сварщика» [15], что становится дополнительной проблемой в условиях кадрового голода. Также ручная дуговая сварка может быть признана экономически малоэффективной из-за потери металла на разбрызгивание и электродные огарки, а также по причине низкой производительности. В результате на большинстве предприятий приходится рассматривать вопрос о «замене ручной дуговой

сварки на более эффективные способы, которыми оказываются механизированная сварка в защитных газах и сварка порошковой самозащитной проволокой» [14], [15].

В настоящее время продолжают вестись разработки в области повышения эффективности ручной дуговой сварки. В работе [4] проведён анализ известной квазистатической осесимметричной модели сварочной ванны. В основу ее построения положены предположения о том, что тепло от источника энергии передается в глубь металла благодаря его теплопроводности, граница раздела поверхности плавления и затвердевания прямая линия, которая совпадает с плоскостью, проходящей через ось электрода и максимумы глубины и ширины сварочной ванны. Установлено, что характер переноса электродного металла при ручной дуговой сварке не зависит от диаметра применяемого электрода. Формируемые потоки в сварочной ванне и столбе сварочной дуги также не зависят от диаметра сварочного электрода. На тепловой баланс при сварке оказывает существенное влияние тип переноса электродного металла. Так, при крупнокапельном переносе возникают значительные силы поверхностного натяжения, на преодоление которых будет расходоваться энергия сварочной дуги. В тоже время при струйном переносе роль влияния сил поверхностного натяжения снижается, что повышает эффективный КПД сварки. Кроме того, струйный перенос электродного металла обеспечивает интенсивное перемешивание металла сварочной ванны и увеличение глубины провара. Значительная роль в тепловом балансе отводится соотношению интенсивности поверхностного теплового потока и глубинного теплового потока, которые формируются при встрече столба дуги с поверхностью ванны. Данная работа расширяет возможности ручной дуговой сварки покрытыми электродами и будет использована при обосновании выбора способа сварки при построении проектной технологии.

По сравнению с ручной дуговой сваркой повышения производительности и улучшения условий труда сварщика удастся достигнуть

при применении механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, схема которой представлена на рисунке 11.

«При сварке в защитных газах расплавленный металл сварочной ванны обладает большей, по сравнению с ручной дуговой сваркой вязкостью, что позволяет стабилизировать положение сварочной ванны» [15] при различной пространственной ориентации. Это упрощает сварку решетчатых конструкций и применение промышленных роботов. Так как при механизированной сварке отсутствует необходимость замены электрода и очистки поверхности шва от шлака, производительность и качество сварки повышается. Помимо этого, при механизированной сварке в защитных газах, так как состав сварочного аэрозоля в этом случае менее вреден, чем при ручной дуговой сварке. Недостатком сварки в защитных газах является повышенное разбрызгивание электродного металла, что делает необходимым трудоемкую зачистку поверхности деталей, так как прилипшие брызги расплавленного металла ухудшают внешний вид и становятся очагами коррозии. Также 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.

Российскими и зарубежными исследователями ведутся интенсивные разработки по расширению технологических возможностей сварки в защитных газах, получены практические результаты, реализованные в современном сварочном оборудовании, представленном на российском и мировом рынке [10], [11], [13], [18].

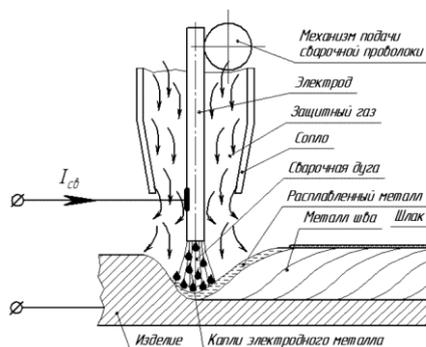


Рисунок 11 – Схема механизированной сварки в защитных газах

В работе [3] велась разработка модели для расчета глубины проплавления при наплавке и сварке в углекислом газе на токе обратной полярности стыковых соединений без разделки кромок с нулевым зазором. Для получения экспериментальных данных была проведена серия опытов по наплавке валиков на пластины из стали СтЗсп толщиной 12 мм в углекислом газе (расход 15... 16 л/мин). Наплавку (сварку) осуществляли от преобразователя ПСГ-500 с жесткой вольт-амперной характеристикой в диапазоне напряжений 28...43 В и диапазоне токов 120...500 А. Скорость наплавки изменяли ступенчато от 17,6 до 38,5 м/ч. В качестве электрода использовали сварочные проволоки Св-08Г2С номинального диаметра $d_3=1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0$ мм. Для последующих расчетов принимали фактические размеры d_3 , а именно: 0,97; 1,16; 1,4; 1,57 и 1,97 мм. Скорость подачи проволоки в процессе сварки изменяли в пределах от 165 до 650 м/ч. Расстояние от торца токоподводящего мундштука до поверхности пластины выставляли 18, 20 и 22 мм, токоподводящие мундштуки были выполнены из меди марки МО. Наплавленные пластины разрезали поперек валиков в двух местах. Выполняли макрошлифы, по которым с точностью не более $\pm 0,1$ мм измеряли геометрические размеры швов. Данная работа «позволяет судить о высоком потенциале механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, эффективность которой может быть существенно повышена применением импульсного управления переносом электродного металла. Составлена математическая модель для прогнозирования формы сварного шва и рекомендации по повышению эффективности процесса сварки.

Применение механизированной сварки самозащитной проволокой, схема которой представлена на рисунке 12, позволяет повысить эффективность процесса по сравнению с ручной дуговой сваркой. Данный способ сочетает в себе положительные качества ручной дуговой сварки и механизированной сварки. Состав порошкового наполнителя проволоки может быть изменен в широком диапазоне без изменения технологии производства проволоки» [3].

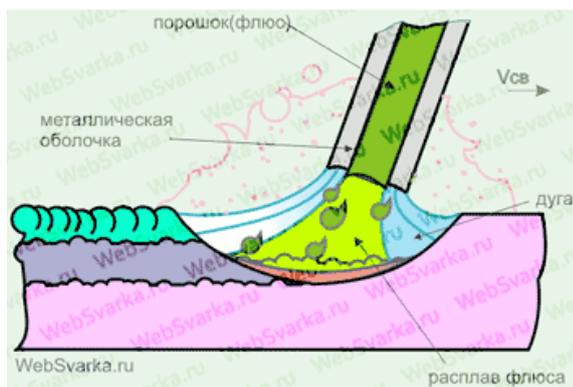


Рисунок 12 – Схема сварки порошковой проволокой

«Мировые производители сварочных материалов освоили выпуск порошковой проволоки и поставляют её на рынок по приемлемой цене. В числе наиболее крупных поставщиков проволоки следует указать» [15] «Lincoln Electric», «Hobart», «Elga», «ESAB», «Thyssen-Böhler», «Kobelko», «S.A.F.-Oerlicon». 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. При плавлении порошковой проволоки может наблюдаться неравномерность нагрева проволоки по сечению, в результате чего часть нерасплавившегося шлака просыпается в сварочную ванну и становится причиной образования пор и шлаковых включений.

В работе [19] провели оценку эффективности внедрения сварки порошковой проволоки ПП-АН198 на различных предприятиях. Сварку и наплавку вели под флюсом в автоматическом режиме. Также рассматривали случаи механизированной сварки в защитных газах и сварки открытой дугой. Применяли проволоку диаметром 1,6 мм и 1,8 мм. Ток сварки составлял 150...200 ампер для проволоки диаметром 1,6 мм и 270...300 ампер для проволоки диаметром 1,8 мм. Напряжение на дуге составляло 20...28 вольт. Наплавку и сварку вели с постоянной скоростью 30 метров в час. «Показана

высокая эффективность применения механизированной наплавки порошковой проволокой. Для промышленности предложена проволока оригинального состава диаметром 1,6 мм, получившая название ПП-АН198, которая позволяет выполнять наплавку на листовую низкоуглеродистую сталь с получением биметалла. Применение этой проволоки отличается отсутствием дефектов в наплавленном металле и уменьшенным уровнем остаточных напряжений.

На основании проведенных изысканий для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Далее следует провести исследования в области расширения технологических возможностей выбранного способа сварки» [19], устраняя критические недостатки. В частности, получение импульсного характера горения сварочной дуги позволяет улучшить условия выделения из сварочной ванны растворенных в расплавленном металле газов, это позволяет устранить проблему пористости сварного шва. Также за счёт ударного воздействия пульсирующей дуги на поверхность сварочной ванны металл сварного шва уплотняется, в результате чего решается проблема несплавлений и трещин. Импульсный характер переноса электродного металла уменьшает размеры кристаллитов, что способствует оптимизации структуры металла сварного шва и повышения его механических свойств. Кроме того, за счёт устранения разбрызгивания и уменьшения отвода тепла в основной металл повышается энергетическая эффективность, поэтому правильный выбор параметров импульсного процесса при сварке позволяет уменьшить расход электрической энергии и защитного газа, при этом повышая производительность сварки.

Таким образом, дальнейшие работы будут направлены на импульсный характер управления переносом электродного металла при сварке, разработки в этой области ведет коллектив российских ученых в Юргинском технологическом институте Томского политехнического университета.

2.2 Повышение эффективности сварки в защитных газах

Для расширения технологических возможностей сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения необходимо устранить ряд критических недостатков, негативно влияющих на дальнейшее внедрение в массовом производстве. Как было показано выше, такими «недостатками является повышенное разбрызгивание при переходе на высокопроизводительные режимы сварки, образование трещин в наплавленном металле по причине малой текучести расплавленного металла, трудность формирования корневого слоя шва по этой же причине, высокая пористость по причине неполного выделения растворенных в расплавленном металле газов, низкие пластические характеристики сварного шва» [7]. Для устранения приведенных недостатков сварки в защитных газах успешно используются разработки в области импульсного управления сварочной дугой [7], [8], [9]. В работе [10] диагностика процесса сварки выполнялась с применением системы компьютерной записи электрических и механических процессов, которая позволяет выполнять сбор, хранение и автоматизированную обработку данных по нескольким каналам измерения. За основу принят цифровой осциллограф DSO 2100, который был подключен к персональному компьютеру. Сварку вели с импульсным управлением переносом электродного металла согласно разработкам коллектива. Силу сварочного тока устанавливали в диапазоне 220...240 ампер, применяли проволоку диаметром 1,2 мм, вылет которой устанавливали 15 мм. Сварку вели в среде защитного газа, в качестве которого применяли углекислый газ, расход которого составлял 12 литров в минуту. Сварку вели со скоростью 15 метров час при скорости подачи проволоки 360 метров в час. «Установлено что длительность накладываемых импульсов в значительной степени определяет свойства наплавленного металла, при этом длительность импульса дополнительного тока позволяет задавать величину среднего сварочного тока и частоту отрыва капель расплавленного металла от электродной проволоки.

Значение среднего сварочного тока может быть изменено путём регулирования амплитудного значения тока сварки. 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» [10].

На рисунке 13 представлены различные типы переноса электродного металла, реализуемые при механизированной сварке в защитных газах, в зависимости от выбранных параметров процесса сварки.

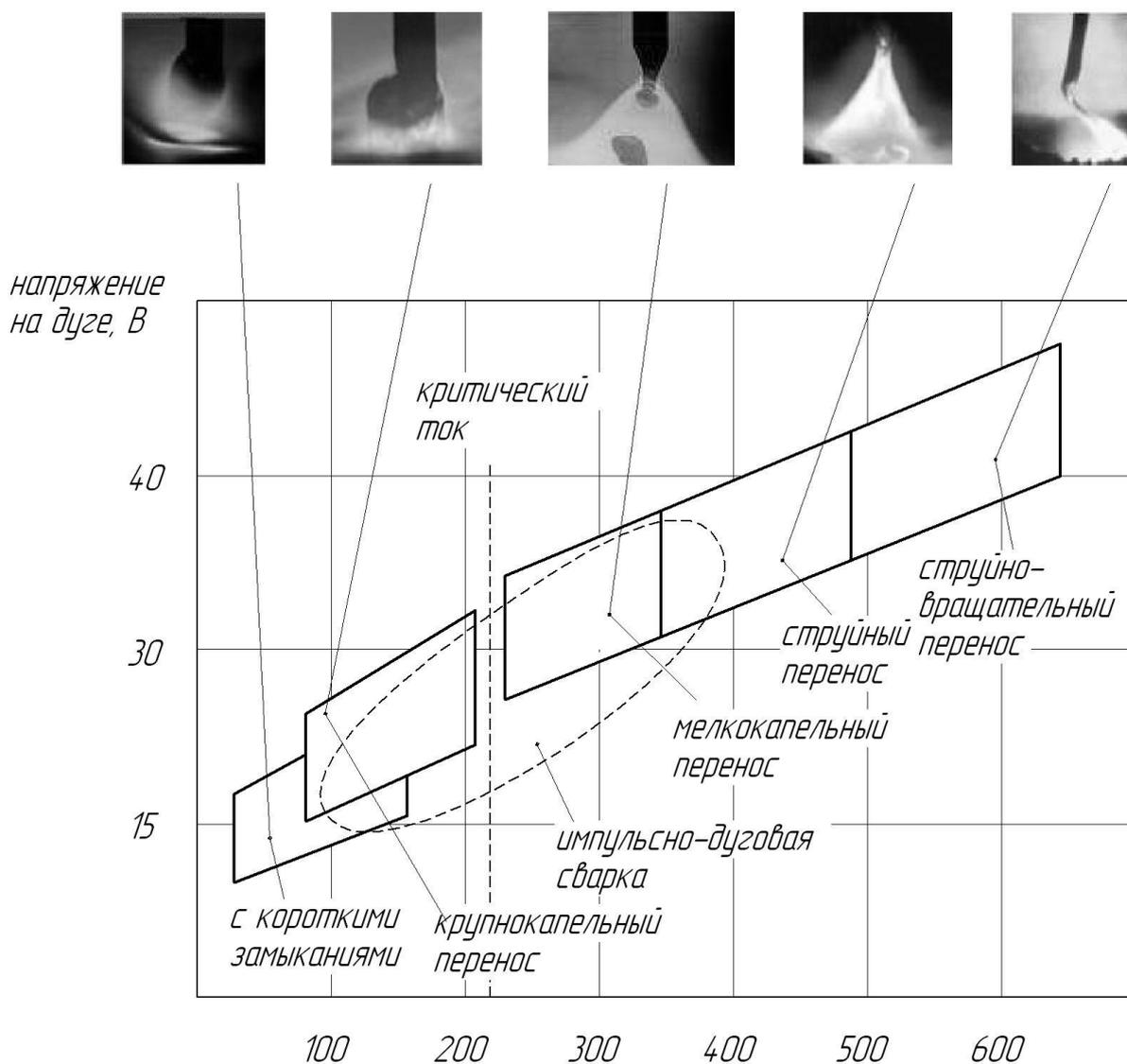


Рисунок 13 – Типы переноса электродного металла

Реализация алгоритмов «импульсного управления горением сварочной дуги переносом электродного металла позволяет получить ряд положительных эффектов, существенно расширяющих технологические возможности сварки в защитных газах, как механизированной, так и автоматической. Во-первых, наблюдается значительное уменьшение потерь электродного металла на разбрызгивание и угар, что существенно повышает экономические показатели способа сварки и улучшает внешний вид сварного соединения. Во-вторых, при горении сварочной дуги в импульсном режиме существенно повышается её пространственная стабильность, что повышает универсальность способа, позволяя получать сварные соединения одинаково высокого качества при сварке в различных пространственных положениях и при выполнении сварных швов по сложной траектории. В-третьих, динамическое воздействие импульсной дуги на сварочную ванну позволяет обеспечить высокое качество при выполнении сварки в узкую разделку, что особенно актуально при сварке корневого слоя шва» [11]. В-четвертых, применение импульсной дуги позволяет улучшить условия формирования металла сварного шва, обеспечивая повышение эксплуатационных свойств за счёт измельчения структуры металла сварного шва и околошовной зоны.

Как показали результаты исследований и производственный опыт, добавка в углекислый газ аргона позволяет частично подавить разбрызгивание металла при сварке, уменьшить пористость и улучшить внешний вид соединения, получая гладкую поверхность наплавленного металла. Уменьшение пористости в случае применения газовых смесей объясняется, скорее всего, уменьшением содержания водорода в наплавленном металле. Также применение газовых смесей позволяет уменьшить наплывы и сделать более гладкой зону перехода наплавленного металла на основной металл конструкции, что обеспечивается благодаря повышению текучести расплавленного металла. Добавка аргона в углекислый газ до 10 % не повышает значительно стоимость используемой защитной смеси, но позволяет получить описанные выше положительные эффекты.

Для получения импульсного режима горения сварочной дуги и переноса электродного металла предлагается применить разработку российских ученых, которая позволяет модернизировать существующие источники питания и расширить технологические возможности имеющихся на предприятиях Российской Федерации сварочных выпрямителей [11], [17]. На рисунке 14 представлена функциональная схема модернизированного источника питания. В состав устройства входит стандартный сварочный выпрямитель, который обозначен позицией 1, и схема формирования импульсного режима, через которую источник питания подключен к изделию (через цепочку диодов 10, 11) и сварочной проволоке (через сварочный дроссель 7). В состав импульсной схемы входят блокирующий 12 и перезарядный 13 диоды, зарядный 8 и коммутирующий 6 дроссели, коммутирующий 15 и фильтрующий 14 конденсаторы. Работа импульсной схемы управляется через систему тиристоров: зарядный 2, дополнительный зарядный 3, вспомогательный 4, силовой 5. Шунтирующий резистор 9 задает ток паузы.

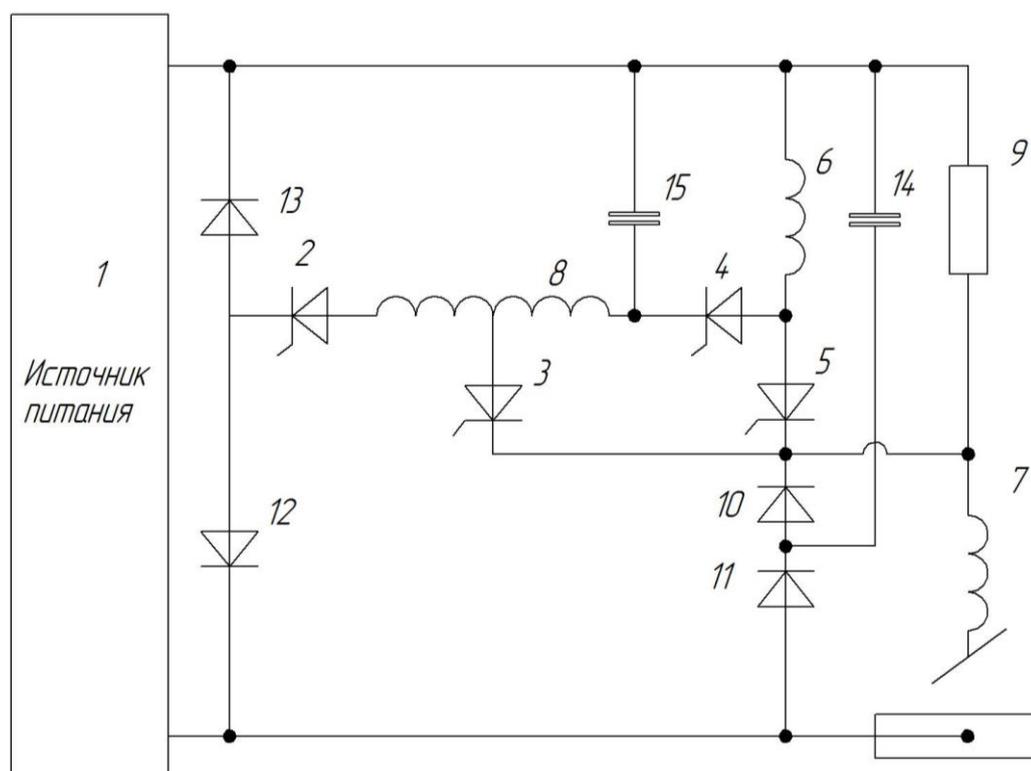


Рисунок 14 – Функциональная схема модернизированного источника питания

Формирование импульсного режима с применением предлагаемой схемы представлено на рисунке 15. Уменьшение величины сварочного тока, которое наблюдается в момент времени t_1 , достигается за счёт включения силового тиристора 5. Сила сварочного тока на интервале времени $t_1 - t_3$ ограничивается резистором 9. В течение этого промежутка времени в момент t_2 наблюдается короткое замыкание сварочной проволоки на изделие через каплю расплавленного металла, сформировавшуюся на конце сварочной проволоки. На интервале времени $t_2 - t_3$ наблюдается переход капли расплавленного металла в сварочную ванну, в течение этого промежутка включается дополнительный зарядный тиристор 3. На интервале $t_3 - t_4$ сила тока увеличивается, что ускоряет переход капли, при этом импульс тока завершается в момент t_4 до отрыва капли от торца электрода, что способствует снижению разбрызгивания, так как в промежуток времени $t_4 - t_5$ сила тока минимальна.

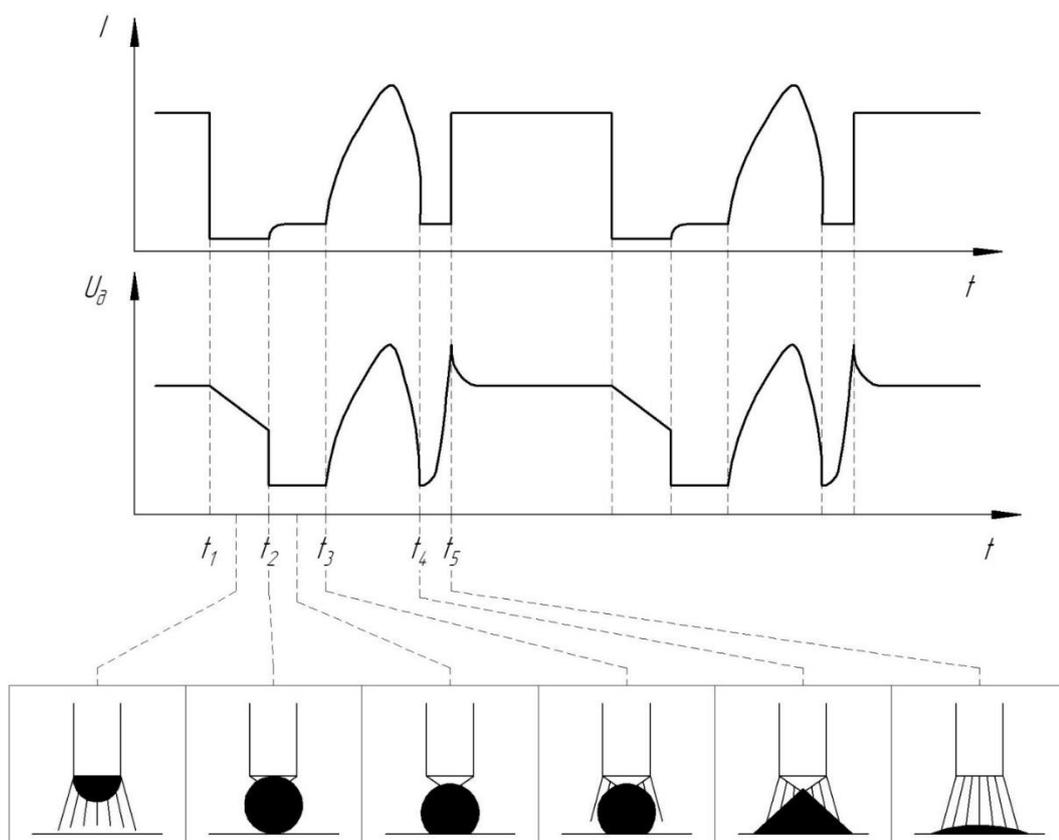


Рисунок 15 – Формирование импульсного режима при использовании предлагаемого устройства

Как показали результаты промышленного внедрения предлагаемого способа импульсного управления сварочной дугой, по сравнению с традиционной сваркой на стационарных режимах существенно снижается разбрызгивание электродного металла, потери металла составили в 1,8...2,5 раза меньше. Также применение импульсного режима положительно сказывается на тепловом балансе, в результате чего повышается эффективный КПД сварки, а затраты электрической энергии на формирование соединения снижаются на 15...18 %. Наложение импульсов тока и напряжения на сварочную дугу приводит к импульсно-ударному воздействию на поверхность сварочной ванны, что способствует более полному выделению растворенных в ней газов, снижает пористость и трещины в сварном шве. Кроме того, существенно улучшается формирование сварного шва в узкую разделку и уменьшается размер зерен металла, что положительно сказывается на эксплуатационных свойствах соединения.

2.3 Описание операций проектного технологического процесса сварки стеллажей

Выполнение операций согласно проектной технологии предусматривает часть операция перенести с базового технологического процесса. По этой причине описание таких операций в настоящем разделе будет выполнено в более кратком виде. Изменению подверглись сварочные операции, и они будут описаны более подробно. Первая – очистка поверхности сортового и листового проката. Вторая операция – правка проката. Третья операция является разметочной и предшествует четвертой операции – резке. Далее следует пятая операция – транспортная, в ходе которой заготовки перемещаются на участок сварки. Шестая операция – сборка и сварка. Седьмая операция – контроль качества.

Предварительно проводят очистку поверхности проката с применением пескоструйной установки DBS-100. «При рабочем давлении сжатого воздуха

10 бар и расходе 11,6 м³ в минуту применяется абразив SA-3 с расходом 50 кг на 1 квадратный метр поверхности.

Правку сортового проката проводят в случае, если кривизна составляет более 5 мм на 1 метр длины. Проверку кривизны сортового проката выполняют с применением металлической линейки и угольника. Правку сортового проката выполняют с применением сортоправильной машины JZJ20-40. Скорость правки проката составляет 0,25...0,5 метра в секунду при моменте правки 600 кгс·м» [3]. Для правки листового проката применяется многовалковая машина МЛЧ-1725.

Для разметки применяют металлическую рулетку, металлическую линейку и чертилку. Отклонения размеров при разметке должны составлять не более 1 мм.

Для резки сортового проката применяется лентпильный станок JET HVBS-56M. Для резки листового проката применяются гильотинные ножницы.

Для транспортировки заготовок на участок сварки применяется крюковый однобалочный кран, скорость транспортного перемещения составляет 40 метров в минуту, скорость подъема груза составляет 25 метров в минуту.

Для сборки заготовок применяется стенд, применение которого позволяет с достаточной точностью размещать и фиксировать заготовки стеллажа относительно друг друга. При сборке допускается зазор между сопрягаемыми заготовками не более 2 мм. Приспособление обеспечивает свободный доступ сварщика ко всем выполняемым швам.

Сварка ведется в закрытых от осадков отапливаемых цехах при температуре воздуха не менее 18 °С. В исключительных случаях, если не удастся поддерживать в цехе комфортную температуру, работы могут проводиться при температуре до - 10 °С. В этом случае перед сваркой следует подогреть кромки до температуры 120...150 °С на ширину до 60 мм с использованием газового пламени.

«Сварка проходит с применением представленного на рисунке 16 сварочного выпрямителя ВС-300, который для обеспечения предлагаемого выше импульсного режима горения дуги дополнительно оснащен формирователем импульсов. Подача сварочной проволоки выполняется представленным на рисунке механизмом Форсаж-МПм. Сварка ведется проволокой Св-08ГС диаметром 1,6 мм, которая представлена на рисунке 17. Защита зоны сварки обеспечивается с применением представленной на рисунке 17 защитной газовой смеси, представляющей сочетание аргона и углекислого газа. Сила сварочного тока составляет 240...260 ампер при напряжении на дуге 30...32 вольта, скорость подачи проволоки составляет 230...240 метров в час при скорости сварки 40...45 метров в час. Расход защитной смеси составляет 12...14 литров в минуту» [3].



Рисунок 16 – Оборудование для прихватки и сварки: выпрямитель ВС-300 (а) и механизм подачи проволоки Форсаж-МПм (б)

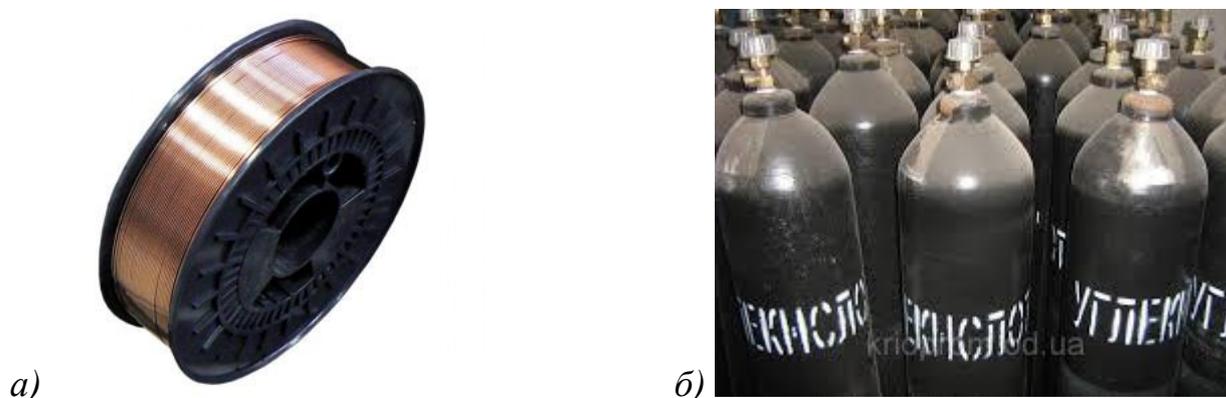


Рисунок 17 – Сварочные материалы: проволока Св-08ГС (а) и баллоны с углекислым газом (б)

Для приемочного контроля проводят визуальный осмотр и замер сварного шва. По результатам контроля качества не допускается наличие трещин всех видов и направлений. Поры должны иметь максимальный размер не более 1,6 мм. Не допускаются свищи и газовые полости длиной более 1,6 мм. Не допускается наличие шлаковых включений размерами более 1,6 мм.

Выводы по второму разделу

Материалы, представленные в настоящем исполнительском разделе, представляют результаты решения ранее поставленных задач. При решении первой задачи по результатам экспертизы рассматриваемых способов сварки предложено применить механизированную сварку в защитных газах, получившую максимальный суммарный балл по взятым из литературных источников технологических критериев. При решении второй задачи на основании достижений российской сварочной науки в области управления дугой предложен комплекс решений по повышению эффективности сварки в защитных газах, позволяющий улучшить показатели процесса. При решении третьей задачи дан перечень операций, составляющих проектный технологический процесс, с указанием условий их выполнения и назначением оптимальных параметров режима. Предлагаемый комплекс решений позволит получить технологический эффект в виде повышения производительности и качества работ, однако для его внедрения в производство следует провести обоснование с точки зрения обеспечения безопасности труда и экономической целесообразности. Таким образом, далее следует выполнить два оценочных раздела. В первом оценочном разделе, следует выполнить идентификацию негативных производственных факторов и предложить меры защиты от них. Во втором оценочном разделе следует провести сравнение экономических показателей базового и проектного вариантов технологии. Последующее заключение должно содержать выводы и доказательство достижения поставленной цели с рекомендациями по внедрению и исследованию.

3 Промышленная безопасность производственного участка

3.1 Описание технологического объекта и постановка оценочной задачи

В ходе решения задач выпускной квалификационной работы на основании выставленной экспертной «оценки при анализе преимуществ и недостатков альтернативных способов ремонтной сварки для построения проектной технологии предложено применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения, также предложены меры по повышению эффективности сварки, что достигается применением современных разработок отечественных исследователей-сварщиков в области управления сварочными процессами; в ходе решения третьей задачи составлен перечень операций проектного технологического процесса, сформулированы требования к их выполнению и выбрано оборудование» [15]. Внедрение предлагаемых решений в производство будет возможно только при условии обеспечения требуемого уровня производственной, пожарной и экологической безопасности. Укрупненная характеристика проектного технологического процесса ремонтной сварки представлена в таблице 2, которая позволяет получить необходимую информацию о перечне выполняемых операций, персонале, применяемом оборудовании и материалах, что является достаточным для идентификации опасных и вредных производственных факторов, которыми характеризуется рассматриваемый производственный участок, на котором предлагается реализовать проектную технологию. Технологический процесс укрупненно может быть представлен шестью операциями. Применяемое при выполнении операций оборудование может стать причиной возникновения факторов, при этом, если фактор не ухудшает состояние персонала, то он признается нейтральным и в дальнейшем не учитывается. Поэтому следует идентифицировать только негативные факторы (опасные или вредные).

Таблица 2 – Укрупненная характеристика проектного технологического процесса сварки при изготовлении металлических стеллажей

Операция	Персонал	Оборудование
1) очистка поверхности проката	Слесарь-сборщик	- переносная пескоструйная установка - шлифовальная машина
2) правка проката	Слесарь-сборщик	- сортоправильная машина - многовалковая машина
3) «разметка и механическая резка	Слесарь-сборщик, электросварщик	- лентопильный станок - гильотинные ножницы
4) сборка с прихваткой	Электросварщик	- сборочное приспособление - струбцины - сварочный выпрямитель - полуавтомат - газовое оборудование
5) сварка	Электросварщик	- сборочное приспособление - струбцины - сварочный выпрямитель - полуавтомат - газовое оборудование
б) контроль качества» [15]	Дефектоскопист	- набор визуально-измерительного контроля - дефектоскоп

На основании представленной в таблице информации становится возможным сформулировать производственные факторы, влияние которых может оказать негативное воздействие на персонал предприятия.

3.2 Идентификация негативных производственных факторов

«На основании составленного перечня технологических операций могут быть сформулированы негативные производственные факторы, действие которых на персонал предприятия в ходе выполнения технологического процесса приводит к случаям травматизма или развития профессиональных заболеваний. Операции сварки и наплавки предусматривают наличие дуги, что приводит к повышенному уровню опасных и вредных факторов» [4], возникающих на рассматриваемом производственном участке по сравнению с другими производственными участками. Также на участке имеется оборудование, работающего при опасных уровнях напряжения и тока. В таблице 3 представлен перечень возникающих опасных и вредных производственных факторов. Рассматриваемые неблагоприятные

производственные факторы могут быть отнесены к вредным производственным факторам и опасным производственным факторам. К первым следует отнести такие факторы, которые становятся причиной возникновения заболеваний или причиной развития уже имеющихся у человека заболеваний. При этом заболевания могут протекать как остро, так и хронически. Ко второй группе факторов следует отнести такие факторы, которые могут способствовать получению человеком травмы или возникновению на предприятии смертельного случая.

Таблица 3 – Негативные производственные факторы при реализации операций проектного технологического процесса

Наименование операции	Опасный или вредный производственный фактор
1) очистка поверхности проката	- острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - движущиеся части машин и механизмов - отсутствие или недостатков естественного освещения - отсутствие или недостатков искусственного освещения - химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии
2) правка проката	- острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - движущиеся части машин и механизмов
3) разметка и механическая резка	- отсутствие или недостатков естественного освещения - отсутствие или недостатков искусственного освещения - химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии - повышенная температура поверхностей
4) сборка с прихваткой	- чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания - повышенный уровень шума
5) сварка	- опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током - инфракрасное излучение - ультрафиолетовое излучение - химические вещества в аэрозольном состоянии - повышенная температура поверхностей
6) контроль качества	- повышенный уровень ультразвуковых колебаний - острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии - повышенная температура поверхностей

Представленные в таблице негативные факторы сформулированы согласно ГОСТ 12.0.003-2015 и требуют рассмотрения возможности применения для их нейтрализации технических средств и организационных мероприятий.

3.3 Нейтрализация негативных производственных факторов

При построении технологических процессов необходимо соблюсти требования по обеспечению требуемого уровня безопасности, что требует применения технических средств и проведения организационных мероприятий. Применительно к рассматриваемому технологическому процессу для ранее сформулированных негативных производственных факторов средства по обеспечению промышленной безопасности представлены в таблице 4. Для защиты персонала от действия этих факторов возможно применение стандартные и специально разрабатываемых средств, при этом применение специальных средств предусматривается в том случае, если за счёт стандартных инструментов требуемый уровень безопасности не обеспечивается. При выработке решений по защите персонала от негативного воздействия производственных факторов необходимо учитывать их кумулятивное действие, выраженное в накоплении негативного действия в течении времени и острого их проявления. Также следует принимать во внимание, что действующие совместно факторы могут усиливать друг друга, что повышает их опасность и вредоносность. В арсенале средств, призванных нейтрализовать действие негативных факторов, числятся средства технического характера, организационные мероприятия и средства личной защиты. Значительная роль отводится организационным мероприятиям, от своевременности и полноты проведения которых в значительной степени зависит безопасность труда. Как показывает практика, именно нарушение трудовой дисциплины становится причиной большинства несчастных случаев на производстве. Также следует принимать во внимание необходимость поддержания порядка на рабочем месте, что позволяет лучше организовать производственный процесс и обеспечить его безопасность по отношению к участникам. Также следует постоянно проверять комплектность и исправность средств индивидуальной защиты, состояние которых должно контролировать как руководство предприятия, так и сам персонал.

Таблица 4 – Средства и методики для устранения профессиональных рисков

Негативный фактор	Технические средства	Индивидуальные средства
отсутствие или недостатков естественного освещения	- контроль уровня освещенности рабочего места - дополнительная подсветка	индивидуальная подсветка
ультрафиолетовое излучение	- ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений - защитные экраны	специальная одежда, перчатки, защитные маски
химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	- организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности - контроль изоляции и заземления - защитное заземление, защитное отключение	защитная одежда, диэлектрические коврики
острые кромки и заусенцы и шероховатости и поверхности заготовок	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	- устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	индивидуальные средства защиты дыхательных путей
отсутствие или недостатков искусственного освещения	- контроль уровня освещенности рабочего места - «дополнительная подсветка	индивидуальная подсветка
химические вещества в аэрозольном состоянии	- устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	защитные маски
инфракрасное излучение	- ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений - защитные экраны	специальная одежда, перчатки, защитные маски
движущиеся части машин и механизмов	устройства защитного отключения привода станков	Специальная одежда, перчатки
повышенный уровень ультразвуковых колебаний	- ограничение проникновения персонала в опасную зону	защита расстоянием и уменьшением времени воздействия
повышенная температура поверхностей	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	специальная одежда, перчатки, защитные маски» [4]

По результатам анализ представленной таблицы можно судить о высокой эффективности применяемых стандартных средств и методик. Разработки специальных средств не требуется.

3.4 Пожарная безопасность производственного участка

Применение сварочных технологий в производственных процессах вызывает повышение опасности возникновения пожаров, с которой следует считаться при проектировании сварочных цехов и реализации технологий. Сварочная дуга характеризуется высокой температурой, интенсивным ультрафиолетовым и инфракрасным излучением, искрами, брызгами расплавленного металла, высокой температурой поверхности свариваемых деталей. Для того, чтобы «обеспечить горение дуги, применяются источники тока, подвод электрической мощности к которым также может стать причиной возгорания. Также наличие на участке электрического оборудования усложняет протекание пожара и его тушение. В таблице 5 выполнена идентификация пожара, возникновение которого следует предотвратить» [4].

Таблица 5 – Идентификация пожара на производственном участке

«Наименование участка	Участок проведения сварки при изготовлении металлических конструкций
Наименование оборудования	Оборудование для механической обработки, сварочное оборудование, термическое оборудование, дефектоскоп
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	Пламя, повышенная температура воздуха, токсические продукты горения, уменьшение концентрации кислорода в воздухе, снижение видимости из-за задымления, искры
Наименование вторичных опасных факторов пожара» [4]	Поражение персонала электрическим током, падение на персонал элементов конструкции здания и оборудования

Если на производственном участке возник пожар, то неизбежно возникают его опасные факторы. В частности, возникают разлетающиеся при горении искры, застилающее обзор и мешающее ориентироваться в пространстве задымление, отравляющие людей токсические продукты горения, приводящее к удушью уменьшение содержания в воздухе кислорода, волны горячего воздуха и само пламя. Также при пожаре возможно падение с высоты на персонал и сотрудников МЧС элементов оборудования и

элементов конструкции здания. На основании результатов проведенного анализа возникающий на рассматриваемом производственном участке пожар может быть отнесен к категории «Е», «так как ещё одним поражающим фактором является электрический ток, поражение которым может произойти при тушении пожара. В таблице 6 представлены средства, обеспечивающие устранение опасных факторов такого пожара, которые следует быть готовым применить на рассматриваемом производственном участке» [4].

Таблица 6 – Средства устранения 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
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели» [4]

При организации противопожарных мероприятий необходимо принимать во внимание приоритетность предупредительных мероприятий. Поэтому особое внимание следует уделить средствам и мероприятиям, обеспечивающим предотвращение появления возгорания на рассматриваемом производственном участке. Для этого запрещается складирование на нем мусора, могущего стать потенциальным топливом, к такому мусору относятся ветошь, картон, бумага, элементы упаковки, куски пенопласта. Также запрещается хранение на производственном участке значительных количеств возгорающихся жидкостей. Необходимо проведение инструктажа персонала по обеспечению пожарной безопасности.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производственного участка

Технологические процессы, реализуемые на современных производствах, должны не только удовлетворять требованиям промышленной безопасности и пожарной безопасности, но и обеспечивать минимизацию ущерба, наносимого со стороны предприятия окружающей среде. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается процесс изготовления металлических стеллажей с применением сварки, который может представлять опасность для элементов природы – гидросферы, литосферы и атмосферы. Для защиты атмосферы вентиляционная система, обслуживающая производственный участок, должна быть оснащена системой фильтров, обеспечивающей сбор и утилизацию выделяющихся вредных компонентов. Запрещается сжигание промышленного мусора, полученного в ходе функционирования рассматриваемого производственного участка. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм. Для защиты гидросферы запрещается сливать в канализационную систему цеха машинное масло и другие отходы производства. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм. Очистка и повторное использование технической воды, позволяющие уменьшить расход водных ресурсов. Запрещается использование для технических нужд питьевой воды. Для защиты литосферы следует обеспечить отдельный сбор и утилизацию промышленного мусора, возникающего в ходе функционирования рассматриваемого производственного участка. Запрещается закапывание и несанкционированное выбрасывание промышленного мусора. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм. Рециклинг промышленных отходов, позволяющий значительно уменьшить негативную нагрузку со стороны предприятия на литосферу. Таким образом, обеспечиваются требования по экологической безопасности рассматриваемого производственного участка.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящен обоснованию возможности реализации предложенных решений на современном предприятии с обеспечением необходимого уровня промышленной, пожарной и экологической безопасности. Проведен анализ операций укрупненного технологического процесса, на основании которого сформулированы производственные факторы (опасные и вредные), защита от действия которых реализуется путем применения стандартных средств и организационных мероприятий. Разработка специальных средств по обеспечению защиты персонала не требуется. При рассмотрении вопросов пожарной безопасности предложен перечень средств и мероприятий, позволяющих предотвратить возникновение на рассматриваемом производственном участке пожара. Установлено, что основной упор следует сделать на предотвращение возникновения ситуаций, в которых возможно возникновение пожара. Соблюдение требований современной мировой экологической повестки заставляет рассматривать производственный участок с точки зрения потенциальной опасности по отношению к природным ресурсам. В настоящей выпускной квалификационной работе предложены мероприятия по защите составляющих природы – атмосферы, литосферы и гидросферы от негативного воздействия со стороны производственного участка. Особое внимание следует уделить селективному сбору промышленных отходов и недопустимости несанкционированного их выбрасывания, что может привести к загрязнению гидросферы и литосферы. Таким образом, предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения не представляют существенной угрозы работникам предприятия и окружающей среде. Все возникающие при реализации проектной технологии негативные воздействия могут быть нейтрализованы с применением стандартных средств и мероприятий. Таким образом, следует сделать вывод о возможности рекомендовать внедрение в производство предлагаемых решений.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений

4.1. Исходные данные для экономического расчёта

Ранее был составлен технологический процесс сборки и сварки при изготовлении металлических стеллажей. Проведено обоснование применения сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения для реализации проектной технологии. На основании достижений в области управления сварочными процессами предложены меры по повышению эффективности выбранного способа сварки. Были сформулированы требования к выполнению операций проектного технологического процесса. Применение предлагаемых решений при реализации проектного технологического процесса по сравнению с базовой технологией позволяет получить комплексный положительный технологический эффект, выражающийся в одновременном повышении производительности выполняемых работ и их качества. За счёт повышения производительности ожидается снижение размеров фонда заработной платы, а повышение качества позволяет экономить на сварочных материалах, электрической энергии и фонде заработной платы, так как существенно снижается количество брака и работ по его исправлению. В таблице 7 «представлены исходные данные, которые будут применены для расчёта экономических показателей. С применением этих данных предстоит рассчитать временные и экономические показатели базового и проектного вариантов технологии сварки. Поскольку в выпускной квалификационной работе рассматривается ремонтный процесс, то экономические расчёты будут проводиться исходя из работы производственного участка в одну смену. Вывод о целесообразности внедрения в производство предлагаемых технических решений следует сделать» [12] на основании экспертной оценки меняющихся экономических показателей рассматриваемых вариантов технологии.

Таблица 7 – Данные для расчета экономических показателей производства

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Принимаемое значение по варианту технологии	
			базовый	проектный
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	250 тыс.	400 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	25	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	м ²	500	500
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(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» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие экономические показатели рассчитываются на основании представленных в настоящей таблице исходных данных. Алгоритм оценки эффективности предусматривает отдельное определение временных показателей рассматриваемого производства, отдельный расчёт составляющих технологической себестоимости, цеховых и заводских расходов, капитальных вложений.

4.2 Фонд времени работы оборудования

Начальным этапом для расчета экономических показателей производства является определение его временных параметров, к которым, в первую очередь, следует отнести годовой фонд времени работы оборудования F_H и эффективный фонд времени работы оборудования $F_Э$, связанные друг с другом через коэффициент рабочего времени B . Годовой фонд времени работы оборудования F_H в дальнейшем определяет годовую программу и влияет на последующие расчеты.

Рассматриваемое в настоящей выпускной квалификационной работе производство предусматривает работу в одну смену, таким образом, для «расчётов принимается количество смен $K_{см}=1$. Общее число рабочих дней в одном календарном году принимается равным $D_p=277$. Нормальная продолжительность рабочей смены для проведения последующих расчётов принимается равной $T_{см}=8$ часов. В предпраздничные дни уменьшение продолжительности рабочей смены составляет $T_{п}=1$ час. Количество предпраздничных дней в году для выполнения расчётов принимается равным $D_{п}=7$ дней. На основании вышеизложенного может быть рассчитано значение годового фонда времени:

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

Эффективный фонд времени работы оборудования позволяет учесть потери рабочего времени» [12] через коэффициент B , значение которого для рассматриваемого случая построения технологического процесса принимается $B=0,07$. На основании вышеизложенного

$$F_Э = F_H(1-B) = 2209 \cdot (1 - 0,07) = 2054 \text{ часов.} \quad (2)$$

Расчёт показателей экономической эффективности в дальнейшем выполняем с учетом рассчитанного выше значения эффективного фонда времени $F_Э= 2054$ часа.

4.3 Расчёт штучного времени и годовой программы производства

Расчёт капитальных вложений и экономической эффективности внедрения в производство предлагаемых решений требует для своего проведения задания годовой программы производства Π_{Γ} . Для его определения предварительно следует задаться значением штучного времени $t_{шт}$ для базового и проектного вариантов технологии, которые могут упрощенно рассчитывать по составляющим: «машинное время $t_{маш}$, значение которого задается по результатам анализа особенностей базового и проектного вариантов технологического процесса; вспомогательное время $t_{всп}$, которое задается через машинное время и составляет 50 % от него; время на обслуживание рабочего места $t_{обсл}$, которое задается через машинное время и составляет 10 % от него; времени на личный отдых $t_{отд}$, которое задается через машинное время и составляет 10 % от него; подготовительно-заключительное время $t_{пз}$, которое задается через машинное время и составляет 5 % от него. Таким образом, расчёт штучного времени по упрощенной схеме» [12] выполняется как

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

Расчёт по формуле (3) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить значение штучного времени для выполнения работы: $t_{шт} = 1,1 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 2$ часа. Расчёт по формуле (3) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить значение штучного времени для выполнения работы: $t_{шт} = 0,8 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1,4$ час.

Далее рассчитывается годовая программа как отношение эффективного фонда времени оборудования F_3 и штучного времени $t_{шт}$ как

$$\Pi_{\Gamma} = F_3 / t_{шт} . \quad (4)$$

Расчёт по формуле (4) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить значение годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 2054/2 = 1027$ стеллажей за год. Расчёт по формуле (4) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить значение годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 2054/1,4 = 1467$ стеллажей за год. С учётом потребностей рассматриваемого производства для значения годовой программы принимается $\Pi_{\Gamma} = 1000$ стеллажей за один год. Далее следует выполнить расчёт количества оборудования $n_{\text{расч}}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса, для чего «следует применить ранее рассчитанное значение эффективного фонда времени F_3 , годовой программы Π_{Γ} и штучного времени $t_{\text{шт}}$ с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{\text{вн}}$, значение которого в рассматриваемом варианте производства принимается $K_{\text{вн}} = 1,03$ » [12]:

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

Расчёт по формуле (5) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить количество оборудования $n_{\text{расч.}} = 2 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,95$. Расчёт по формуле (5) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить количество оборудования $n_{\text{расч.}} = 1,4 \cdot 1000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,66$. Следует принять ближайшее большее натуральное значение, которое для проектного и базового вариантов составляет 1 и 1 соответственно. Коэффициент загрузки оборудования K_3 , который рассчитывается как отношение расчётного и принимаемого количества оборудования по вариантам технологии:

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

Расчёт по формуле (6) для базового и проектного вариантов позволяет получить $K_3 = 0,95/1 = 0,95$ и $K_3 = 0,66/1 = 0,66$ соответственно, что объясняется повышением производительности труда при реализации проектного варианта технологического процесса.

4.4 Заводская себестоимость

Для определения размеров технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проведения работ согласно рассматриваемым вариантам технологического процесса необходимо выполнить отдельный расчёт составляющих: «затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$, затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ и затрат на площади $Z_{\text{пл}}$. Расчёт расходов на сварочные материалы проводится с учётом их цены $C_{\text{м}}$, нормы расхода $N_{\text{р}}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}$, значение которого для рассматриваемого производства согласно таблице исходных данных составляет $K_{\text{тз}} = 1,05$ » [12]:

$$M = C_{\text{м}} \cdot N_{\text{р}} \cdot K_{\text{тз}} . \quad (7)$$

Расчёт по формуле (7) для базового варианта технологии позволяет получить $M=354 \text{ р/кг} \cdot 1,58 \text{ см}^2 \cdot 350 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/ см}^3 \cdot 1,80 \cdot 1,05 : 1000 = 686 \text{ руб.}$ Расчёт по формуле (7) для проектного варианта позволяет получить $M_{\text{баз.}} = 78 \text{ р/кг} \cdot 1 \text{ см}^2 \cdot 350 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 \cdot 1,2 \cdot 1,05 : 1000 + 216 \text{ руб.} = 484 \text{ руб.}$

«Фонд заработной платы ФЗП предприятия характеризует расходы на основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и дополнительную заработную плату $Z_{\text{доп}}$, которые рассчитываются с учетом часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$, коэффициента доплат $K_{\text{д}}$ и коэффициента дополнительных затрат $K_{\text{доп}}$. Для рассматриваемого производства по таблице исходных данных принимается $C_{\text{ч}}=200 \text{ руб.}$, $K_{\text{д}}=1,88$ и $K_{\text{доп}}=0,12$. Расчёт величины $Z_{\text{осн}}$ » [12]:

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

Применение (8) для базового варианта позволяет получить величину $Z_{\text{осн}} = 2 \cdot 200 \cdot 1,88 = 752 \text{ руб.}$ Применение (8) для проектного варианта позволяет получить величину $Z_{\text{осн.}} = 1,4 \cdot 200 \cdot 1,88 = 526 \text{ руб.}$

Расчёт величины $Z_{\text{доп}}$ предусматривает применение следующей математической зависимости:

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

Применение (9) для базового варианта позволяет получить величину $Z_{\text{доп}} = 752 \cdot 0,12 = 90$ руб. Применение (9) для проектного варианта позволяет получить величину $Z_{\text{доп}} = 526 \cdot 0,12 = 63$ руб.

Расчёт величины ФЗП:

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

Применение (10) для базового варианта позволяет получить величину $\text{ФЗП} = 752 + 90 = 842$ руб.. Применение (10) для проектного варианта позволяет получить величину $\text{ФЗП} = 526 + 63 = 589$ руб.

Уменьшение значения ФЗП для проектного варианта по сравнению с базовым вариантом технологии происходит по причине повышения производительности труда, а не снижения часовой тарифной ставки, таким образом, работники предприятия с учётом снижения трудоемкости процесса не теряют в заработной плате.

«Размер отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяется с учетом ранее определенных значений ФЗП для рассматриваемых вариантов и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, значение которого для рассматриваемого» [12] производства из таблицы исходных значений принимается $K_{\text{сн}} = 0,34$. Расчёт величины $O_{\text{сн}}$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}. \quad (11)$$

Применение (11) для базового варианта позволяет получить величину $O_{\text{сн}} = 842 \cdot 0,34 = 286$ руб. Применение (11) для проектного варианта позволяет получить величину $O_{\text{сн}} = 589 \cdot 0,34 = 200$ руб. Для того, чтобы рассчитать размер «затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$, необходимо предварительно определить составляющие: амортизационные отчисления $A_{\text{об}}$ и затраты на электрическую энергию» [12] $P_{\text{э}}$. При расчете величины $A_{\text{об}}$ применяются ранее определенные значения $F_{\text{э}}$ и $t_{\text{маш}}$, а также принятые для рассматриваемого

производства норма амортизации H_a и стоимость оборудования $\Pi_{об}$, значения которых берутся из таблицы исходных данных. Расчёт величины $A_{об}$:

$$A_{об} = \frac{\Pi_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_y \cdot 100}. \quad (12)$$

Применение (12) для базового варианта позволяет получить величину $A_{об} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 2 / 2054 / 100 = 52$ руб. Применение (12) для проектного варианта даёт $A_{об} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 1,4 / 2054 / 100 = 58$ руб.

Для расчёта величины $P_{ээ}$ выполняется применяется цена электрической энергии $\Pi_{ээ}$, «установленная мощность применяемого оборудования $M_{уст}$, машинное время $t_{маш}$ и коэффициент полезного действия. Эти значения были рассчитаны ранее или принимаются из таблицы исходных данных. Расчёт величины $P_{ээ}$ » [12]:

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

Применение (13) для базового варианта позволяет получить величину $P_{ээ} = 25 \cdot 2 \cdot 3,4 / 0,7 = 242$ руб. Применение (13) для проектного варианта позволяет получить величину $P_{ээ} = 40 \cdot 1,4 \cdot 3,4 / 0,85 = 224$ руб.

Величина затрат на оборудование $Z_{об}$ определяется как сумма $A_{об}$ и $P_{ээ}$:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (14)$$

Применение (14) для базового варианта позволяет получить величину затрат на оборудование $Z_{об} = 52 + 242 = 294$ руб. Применение (14) для проектного варианта позволяет получить величину $Z_{об} = 58 + 224 = 282$ руб.

Полученные значения составляющих позволяют рассчитать полное значение «технологической себестоимости $C_{тех}$ выполняется как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, отчислений на социальные нужды $O_{сс}$, затрат на оборудование $Z_{об}$, затрат на площади $Z_{пл}$ » [12]:

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

Применение (15) для базового варианта позволяет получить величину $C_{\text{тех}} = 686+842+286+242+183 = 2239$ руб. Применение (15) для проектного варианта позволяет получить $C_{\text{тех}} = 484+589+200+224+127=1624$ руб..

«Снижение технологической себестоимости в проектном варианте технологии обеспечивается за счёт уменьшения размеров фонда заработной платы, затрат на материалы и затрат на оборудование» [12], что объясняется применением более производительного оборудования с расширенными технологическими возможностями.

Для расчётного определения «цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо применить ранее рассчитанное значение технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$, а также коэффициент цеховых расходов $K_{\text{цех}}$, значение которого для рассматриваемого производства принимается из таблицы исходных данных $K_{\text{цех}}=1,5$. Расчёт величины $C_{\text{цех}}$:

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

Применение (16) для базового варианта позволяет получить величину $C_{\text{цех}} = 2239 + 1,5 \cdot 752 = 2239 + 1128 = 3367$ руб. Применение (16) для проектного варианта позволяет получить $C_{\text{цех}} = 1624 + 1,5 \cdot 562 = 1624 + 789 = 2413$ руб.

Для расчётного определения заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо применить ранее рассчитанные значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$, а также коэффициент заводских расходов $K_{\text{зав}}$, значение которого для рассматриваемого производства принимается из таблицы исходных значений $K_{\text{зав}}=1,15$. Расчёт величины $C_{\text{зав}}$ [12]:

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

Применение (17) для базового варианта позволяет получить значение $C_{\text{зав}} = 3367 + 1,15 \cdot 752 = 3367 + 865 = 4232$ руб. Применение (17) для проектного варианта дает $C_{\text{зав}} = 2413 + 1,15 \cdot 526 = 2413 + 605 = 3018$ руб.

Для анализа которых на рисунке 18 представлена диаграмма, демонстрирующая состав заводской себестоимости по базовому и проектному

вариантам технологического процесса. Калькуляция представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Калькуляция заводской себестоимости

Показатель	Обозначение	Базовый	Проектный
1. «Затраты на материалы	М	686	484
2. Фонд заработной платы	ФЗП	842	589
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	286	200
4. Затраты на оборудование	Зоб	242	224
5. Затраты на площади	Зпл	183	127
6. Технологическая себестоимость	С _{тех}	2239	1624
7. Цеховые расходы	Р _{цех}	1128	789
8. Цеховая себестоимость	С _{цех}	3367	2413
9. Заводские расходы	Р _{зав}	865	605
10. Заводская себестоимость» [12]	С _{зав}	4232	3018

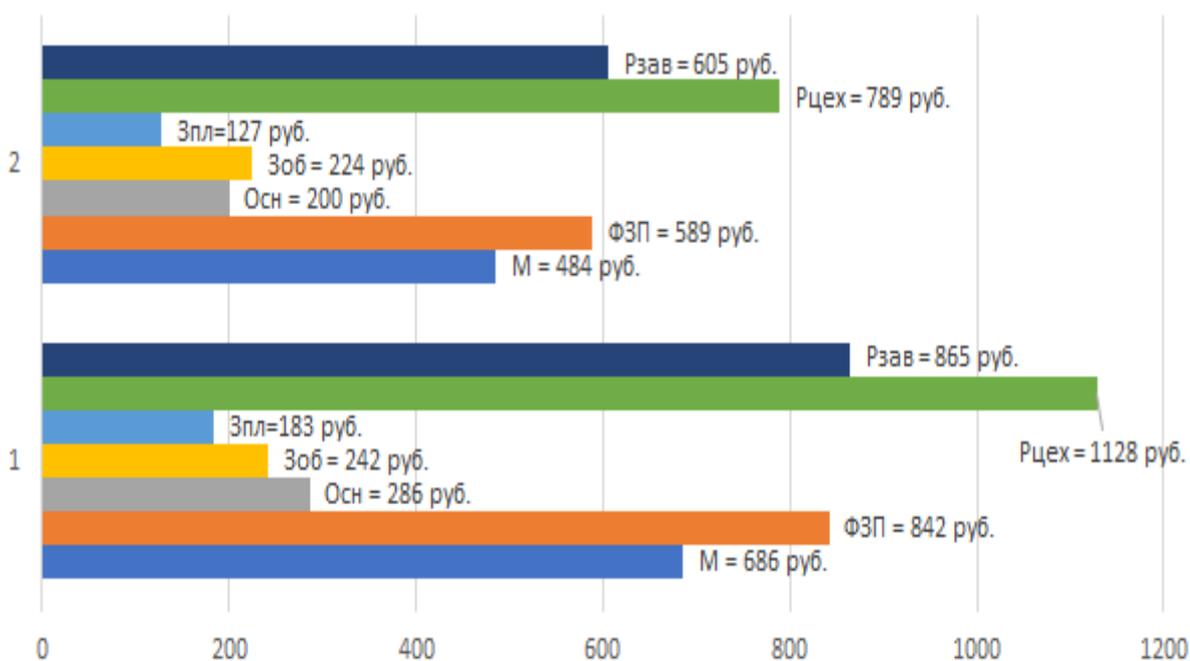


Рисунок 18 – Состав заводской себестоимости

Снижение заводской себестоимости в проектом варианте технологии обеспечивается за счёт уменьшения величины технологической себестоимости и величины цеховых и заводских расходов. Высокая эффективность предлагаемых решений доказывается уменьшением величины заводской себестоимости в проектом варианте по сравнению с базовым вариантом.

4.5 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам

Первоначально следует определиться с «величиной остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.}$, использование которого выполнялось при реализации базовой технологии. При продолжительности эксплуатации $T_c=2$ года и цене оборудования $\Pi_{перв.}= 250$ тыс. руб. с учетом нормы амортизационных отчислений $H_a=21,5\%$ » [12]:

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

Применение (18) для базового варианта позволяет получить величину $\Pi_{об.б.} = 250000 - (250000 \cdot 2 \cdot 21 / 100) = 145000$ руб.

Величина общих капитальных затрат $K_{общ.б.}$ в базовом варианте технологии рассчитывается по ранее полученному коэффициенту загрузки K_z и остаточной стоимости $\Pi_{об.б.}$:

$$K_{общ.б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{z.б.} = 1 \cdot 145000 \cdot 0,95 = 137750 \text{ рублей}. \quad (19)$$

«Капитальные затраты на оборудование при реализации проектного технологического процесса $K_{об.пр.}$ рассчитываются с учётом цены оборудования по проектному варианту $\Pi_{об.пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования K_z , расчётное значение которого составляет $K_z=0,66$. Из таблицы исходных данных принимается $\Pi_{об.пр.}= 400$ тыс. рублей, $K_{тз}=1,05$. Капитальные затраты по на оборудование по проектному варианту составят

$$K_{об.пр.} = \Pi_{об.пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{zп} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,66 = 277200 \text{ руб.} \quad (20)$$

Далее рассчитывают расходы на демонтаж оборудования с учётом коэффициента расходов на демонтаж $K_{дем}=0,05$ и цены оборудования $\Pi_{об.б.}= 250$ тыс. рублей определяют как» [12]

$$P_{дем} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{д} = 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ руб.} \quad (21)$$

Далее рассчитывают расходы на монтаж оборудования с учётом коэффициента расходов на монтаж $K_{\text{мон}}=0,05$ и цены оборудования $C_{\text{об.пр.}}=400$ тыс. рублей определяют как

$$P_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ рублей.} \quad (22)$$

Далее рассчитываем величину сопутствующих расходов как сумму расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ и расходов на монтаж $P_{\text{монт}}$:

$$K_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}} = 12500 + 20000 = 32500 \text{ рублей.} \quad (23)$$

Величину капитальных затрат по «проектной технологии $K_{\text{общ.пр.}}$ рассчитывается как сумма сопутствующих расходов $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об.пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{соп.}} = 277200 + 32500 = 309700 \text{ руб.} \quad (24)$$

Размер дополнительных капитальных затрат $K_{\text{доп}}$ вычисляется с учётом ранее определенных капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б.}}$ и капитальных затрат по проектной технологии $K_{\text{общ. пр.}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} = 309700 - 137750 = 171950 \text{ рублей.} \quad (25)$$

Размер удельных капитальных затрат $K_{\text{уд}}$ рассчитывается по капитальным вложениям $K_{\text{доп}}$ с учётом годовой программы $\Pi_{\text{Г}}$:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{Г}}. \quad (26)$$

Для базового варианта технологического процесса величина удельных капитальных» [12] затрат составляет $K_{\text{уд}} = 137750/1000 = 138$ рублей за один металлический стеллаж. Для проектного варианта технологического процесса величина удельных капитальных затрат составляет $K_{\text{уд}} = 309700/1000 = 310$ рублей за один металлический стеллаж. Далее могут быть рассчитаны объективные показатели эффективности проектной технологии.

4.6 Расчёт изменяющихся технологических показателей

Доказательство целесообразности внедрения предлагаемых технологических решений в современное производство выполняется по результатам анализа показателей экономической эффективности. Снижение трудоемкости $\Delta t_{шт}$ оценивается по изменению значения штучного времени $t_{шт}$:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт \delta} - t_{шт пр}) \cdot 100 \% / t_{шт \delta} = (2 - 1,4) \cdot 100 \% / 2 = 30 \% . \quad (27)$$

Расчёт повышения производительности труда Π_T :

$$\Pi_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}) = 100 \cdot 30 / (100 - 30) = 43 \% . \quad (28)$$

Расчёт снижения технологической себестоимости:

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.} = (2239 - 1624) \cdot 100\% / 2239 = 27 \% \quad (29)$$

Условно-годовая экономия $\mathcal{E}_{уг}$ позволяет оценить величину экономического эффекта без учета капитальных вложений и рассчитывается с учётом разности заводской себестоимости $C_{зав}$ по вариантам технологии и годовой программы Π_T :

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot \Pi_T = (4232 - 3018) \cdot 1000 = 1214000 \text{ рублей} . \quad (30)$$

Эффективность внедрения предлагаемых технологических решений характеризуется сроком окупаемости $T_{ок}$:

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг} = 171950 / 1214000 = 0,2 \text{ года} . \quad (31)$$

Расчёт годового экономического эффекта \mathcal{E}_T с учетом коэффициента окупаемости затрат $E_H=0,33$:

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{уг} - E_H \cdot K_{доп} = 1214000 - 0,33 \cdot 171950 = 1157257 \text{ рублей} . \quad (32)$$

С использованием рассчитанных показателей эффективности можно судить о целесообразности внедрения предлагаемых решений.

Выводы по экономическому разделу

При выполнении настоящей выпускной квалификационной работы рассматривались вопросы повышения эффективности при изготовлении сварных конструкций на примере металлических стеллажей. На основании экспертной оценки рассматриваемых способов обосновано применение сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. На основании достижений в области управления сварочными процессами предложены меры по повышению эффективности выбранного способа сварки. Далее составлена проектная технология, реализованная применительно к изготовлению сварных металлических стеллажей. На основании анализа особенностей протекания базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитаны временные показатели производства. Далее с использованием исходных данных проведен расчёт составляющих технологической себестоимости проведения сварочных работ, в ходе которого установлено, что внедрение предлагаемых технологических решений позволяет уменьшить размер фонда заработной платы и отчислений на социальные нужды за счёт повышения производительности труда. Также проучено значительное уменьшение цеховых и заводских расходов, что положительно сказалось на уменьшении заводской себестоимости проведения сварочных работ. Таким образом, за счёт применения более прогрессивного оборудования и технологий при внедрении предлагаемых решений в производство удастся уменьшить трудоемкость выполнения работ на 30 %, повысить производительность процесса на 43 %. За счёт уменьшения размера основных составляющих технологической себестоимости её величина уменьшается на 27 %. При капитальных вложениях 172 тыс. рублей срок окупаемости составляет 0,2 года, а экономический эффект составляет 1,16 млн. рублей. Размер ожидаемого экономического эффекта может быть многократно повышен при расширении области применения предлагаемых решений на другие металлические конструкции. Следует признать эффективность внедрения предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технологических решений.

Заключение

Выпускная квалификационная работа посвящена построению технологии массового выпуска металлических для торговых предприятий и складских хозяйств. Базовая технология, рассмотренная в ходе выполнения аналитического раздела настоящей выпускной квалификационной работы, предусматривает применение ручной дуговой сварки. Критическими недостатками ручной дуговой сварки являются указать тяжелые условия труда сварщика, которому приходится работать во вредных сварочных аэрозолях и подвергаться излучению сварочной дуги. Также следует указать на низкую стабильность качества сварных соединений, которое в значительной мере зависит от квалификации сварщика, что становится дополнительной проблемой в условиях кадрового голода. Также ручная дуговая сварка может быть признана экономически малоэффективной из-за потери металла на разбрызгивание и электродные огарки, а также по причине низкой производительности. На основании выполнения аналитического раздела выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу. В ходе решения первой задачи на основании выставленной экспертной оценки при анализе преимуществ и недостатков альтернативных способов ремонтной сварки для построения проектной технологии предложено применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. В ходе решения второй задачи повышение эффективности сварки которой достигнуто за счёт применения современных разработок отечественных исследователей-сварщиков в области управления сварочными процессами. В ходе решения третьей задачи составлен перечень операций проектного технологического процесса, сформулированы требования к их выполнению и выбрано оборудование. Внедрение предлагаемых решений в производство уменьшает трудоемкость на 30 %, повышает производительность на 43 %. экономический эффект составляет 1,16 млн. рублей. Поставленная цель достигнута.

Список используемой литературы и используемых источников

1. А. с. 448106 СССР, В 23 к 35/38. Защитная газовая смесь / Б.Е. Патон, А.В. Кирсанов, В.В. Подгаецкий и др. Приор. 26.06.72. Опубл. 30.10.74; Бюл. № 40.
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
3. Варуха Е.Н., Морозов А.А. Расчёт глубины проплавления изделия при сварке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 2002. № 8. С. 20–23.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Гулаков С. В., Носовский Б. И. К вопросу построения модели сварочной ванны при дуговой сварке плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 2002. № 9. С. 24–28.
6. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
7. Карасев М. В., Копиленко Е. А., Павленко Г. В. Основные тенденции развития производства сварочного оборудования в объединении «СЭЛМА-ИТС» и его применение в России и странах СНГ // Автоматическая сварка. 2002. № 5. С. 52–57.
8. Карасев М. В., Вышемирский Е. М., Беспалов В. И. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 38–41.
9. Карасев М. В., Работницкий Д. Н., Павленко Г. В. Сравнительный анализ сварочно-технологических свойств современных выпрямителей для сварки в защитных газах // Сварка в Сибири. 2003. № 2. С. 17–22.
10. 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.

11. Крампит, А.Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO₂ в щелевую разделку при импульсном питании: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет. – 2003.

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

13. Кусков, Ю.В. Эволюция производства сварочных материалов и перспективы нового тысячелетия / Б.В. Кусков, Г.Н. Полищук // II Международная конференция по сварочным материалам стран СНГ: Сб. докл. – Орел. – 2001. – С 97–98.

14. 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.

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

16. Павлова И. А., Павлов А. С. Технико-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.

17. Патент РФ № 2190510 Устройство для сварки / А.Ф. Князьков, С.А. Князьков, Н.Ю. Крампит [и др.]. – В23К9/09. – 2002.

18. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. Юргинский технологический институт. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

19. 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.

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

21. Ценев, Н.К. Влияние внутренних границ раздела на развитие процессов разрушения в низкоуглеродистых сталях / Н.К. Ценев, А.М. Шаммазов // ДАН. 1998. № 6. С. 762–764.