

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 Технологический процесс и оборудование для сварки элементов ограждения

Студент

Д.А. Данилов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

В настоящее время в России и мире наметилась экономическая тенденция к укрупнению производств. От кустарных и полукустарных предприятий заказы переходят к предприятиям, позволяющим обеспечить массовое производство. Это позволяет не только применять высокопроизводительное и эффективное оборудование, но и оптимизировать движение денежных средств за счёт правильного размещения государственных заказов на изготовление специальной продукции.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности изготовления ограждений за счёт применения средств автоматизации и механизации сварочных и вспомогательных операций.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- дать экспертную оценку альтернативным способам сварки, с учётом которой обосновать выбор способа сварки для построения проектной технологии изготовления элементов ограждения;
- выполнить анализ источников научно-технической информации по вопросу и импульсного управления сварочной дугой и на их основе повысить эффективность выбранного способа сварки;
- построить карту технологического процесса сварки элементов ограждения, провести выбор сварочного оборудования и материалов.

Проведён анализ способов сварки. Для построения проектной технологии предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Была построена проектная технология сварки элементов ограждения. Для осуществления проектной технологии предложено соответствующее оборудование, назначены параметры режима и наплавочные материалы.

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

Рассчитан годовой экономический эффект.

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния вопроса сварки элементов ограждений.	7
1.1 Описание конструкции и условий её эксплуатации.	7
1.2 Сведения о материале изделия.	9
1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки изделия.	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	16
2 Проектная технология сварки ограждения.	17
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	17
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки.	21
2.3 Операции проектного технологического процесса сборки и сварки.	24
3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы.	29
3.1 Технологическая характеристика объекта	29
3.2 Идентификация профессиональных рисков	31
3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов.	33
3.4 Пожарная безопасность на производстве.	35
3.5 Экологическая безопасность проектной технологии.	37
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.	40
4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности.	40
4.2 Расчёт объёмов фонда времени.	42
4.3 Расчет штучного времени	43
4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов технологии.	45

4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам технологии.	49
4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии.	51
Заключение	55
Список используемой литературы и используемых источников.	57

Введение

В настоящее время возрастает необходимость обеспечения безопасности населения Российской Федерации от возможных проявлений индивидуальной и массовой агрессии. Для этого применяются как стандартные, так и специальные средства. Для обеспечения безопасности в местах скопления граждан следует применять средства, позволяющие обеспечить разграничение людских потоков и уменьшение численности групп. Для этого используются стационарные и мобильные ограждающие конструкции, позволяющие предотвратить как физический, так и визуальный контакт.

Таким образом, ограждения могут быть как светопроницаемые, так и светонепроницаемые. Кроме того, такие конструкции должны выдерживать значительные нагрузки, которые возникают при людском напоре.

В настоящее время в России и мире наметилась экономическая тенденция к укрупнению производств. От кустарных и полукустарных предприятий заказы переходят к предприятиям, позволяющим обеспечить массовое производство. Это позволяет не только применять высокопроизводительное и эффективное оборудование, но и оптимизировать движение денежных средств за счёт правильного размещения государственных заказов на изготовление специальной продукции.

Вышеизложенное справедливо и применительно к сварочному производству, в котором ручная дуговая сварка неуклонно уступает позиции перед механизированными и автоматическими способами сварки [16], [7].

В настоящий момент перед отечественным производителем сварочных работ стоит ряд проблем, от решения которых зависит способность российской экономики достойно противостоять поставленным вызовам [15]:

- значительное снижение количества выпускаемой продукции, что автоматически приводит к повышению её стоимости и снижению конкурентоспособности;

- недостаточные вложения средств со стороны отечественного бизнеса в разработки российских предприятий;
- игнорирование отечественным бизнесом разработок российских исследователей, в качестве наглядного примера приведено отсутствие заинтересованности строителей магистральных трубопроводов в российских разработках.

В работе [14] показаны проблемы, перед которыми стоит современное сварочное производство России. Во-первых, это усиливающееся экономическое давление со стороны западных стран, выражающееся запрете поставок высокотехнологического оборудования. Второй проблемой является дефицит высококвалифицированных кадров. Третьей проблемой является моральное и физическое устаревание сварочного оборудования.

Таким образом, глубокая модернизация производства и внедрение импортозамещающих технологий требуют комплексного решения обозначенных проблем, при выборе путей их решения следует руководствоваться соображениями ресурсо- и энергосбережения.

Сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и сварка порошковой проволокой (как в защитных газах, так и самозащитной проволокой) позволяет значительно увеличить производительность и повысить качество сварки. Применение средств автоматизации сварочного производства также положительно сказывается на производительности и качестве продукции.

Таким образом, актуальна цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности изготовления ограждений за счёт применения средств автоматизации и механизации сварочных и вспомогательных операций.

1 Анализ состояния вопроса сварки элементов ограждений

1.1 Описание конструкции и условий её эксплуатации

Выкатные и стационарные ограждения не требуют дополнительной площади при хранении в деактивированном режиме. Это объясняется тем, что нижняя направляющая отсутствует, поэтому нет необходимости загромождать проезжую часть.

Полотно ограждения в зависимости от назначения может быть как открытого типа (решётчатой конструкции, которая снабжена декоративными элементами и), закрытого типа (светонепроницаемый металлический лист или современный полимерный лист), а также комбинированного типа. Выкатные ограждения не требуют применения направляющих, которые необходимо очищать от загрязнений и которые могут затруднять свободное перемещение в открытом состоянии.

Типовая конструкция выкатного ограждения представлен на рисунке 1. Ограждение имеет металлический каркас, который служит основой ограждения и выполнен из профильной трубы сечением 40×60 мм с толщиной стенки 2 мм. К каркасу посредством электрической сварки крепится обрешётка, которая выполнена из профильной трубы сечением 20×20 мм с толщиной стенки 1,5 мм.



Рисунок 1 – Применение выкатных и стационарных ограждений

При выполнении сварного каркаса ограждения применяется сварка штучными электродами, сварные швы должны соответствовать ГОСТ 5264-80. Стыковое соединение деталей ограждения с толщиной стенки 2,0 мм представлено на рисунке 2. Геометрические размеры стыкового соединения элементов ограждения с толщиной стенки 1,5 мм представлены на рисунке 3. Стыковые соединения элементов обрешётки ограждения с толщиной стенки 1,5 мм представлены на рисунке 4. Тавровые соединения элементов обрешётки ограждения с толщиной стенки 1,5 мм представлены на рисунке 5. Угловые соединения элементов обрешётки ограждения с толщиной стенки 1,5 мм и 2,0 мм представлены на рисунке 6.

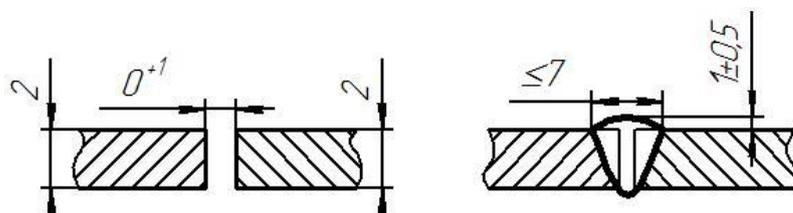


Рисунок 2 – Стыковое соединение С2 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 2 мм

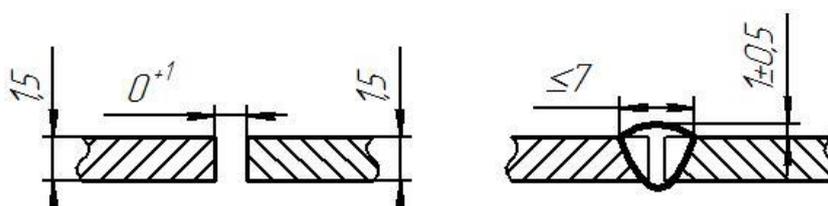


Рисунок 3 – Стыковое соединение С2 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм

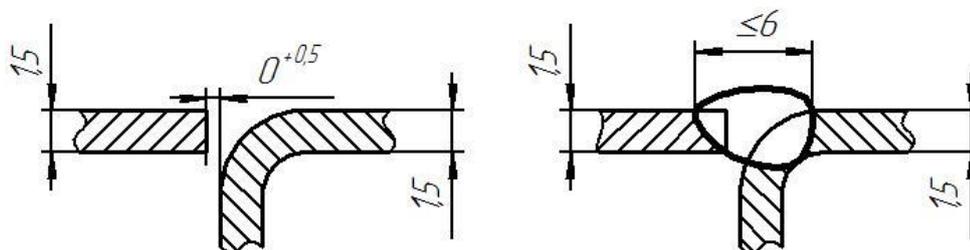


Рисунок 4 – Стыковое соединение С3 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм

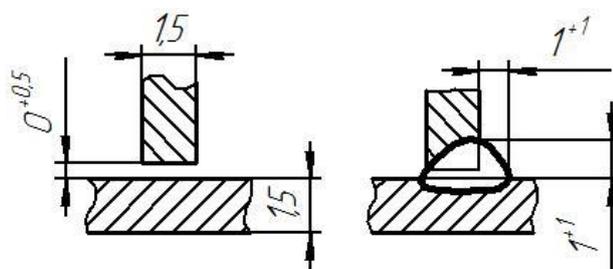


Рисунок 5 – Стыковое соединение Т1 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм

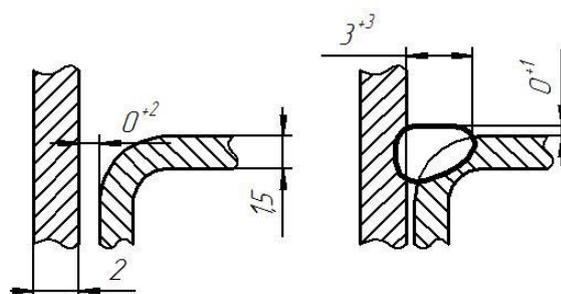


Рисунок 6 – Стыковое соединение У2 по ГОСТ ГОСТ 5264-80 деталей толщиной 1,5 мм + 2,0 мм

Для крепления светонепроницаемого полотна применяется болтовое соединение.

1.2 Сведение о материале изделия

Элементы ограждения выполняются из стали Ст3, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали Ст3 [17], [23]

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

Сталь Ст3 относят к конструкционным низкоуглеродистым сталям обыкновенного качества. Сочетание механических свойств и относительно низкой стоимости позволили занять стали Ст3 место в качестве основного конструкционного материала при изготовлении металлических конструкций различного назначения. В основном применение этой стали оправданно при

изготовлении неотчетственных металлических конструкций, работа которых проходит при незначительных нагрузках [24].

В случае внесения в сталь Ст3 различных модифицирующих добавок возможно повышение её эксплуатационных свойств [20]. При этом могут быть применены добавки как отечественного, так и иностранного производства. Даже небольшое количество модифицирующих добавок, введённое в расплав стали Ст3, существенно улучшает её структуру.

Следует отметить относительно невысокую коррозионную стойкости стали Ст3 [8]. При этом конструкции из стали Ст3 способны успешно сопротивляться усталостному разрушению при количестве циклов нагружения от 10 до 40 тысяч [24].

При сварке стали Ст3 могут быть применены все известные способы сварки, так как сталь обладает хорошей свариваемостью. При выполнении металлических конструкций из стали Ст3 термической обработки и предварительного подогрева не требуется.

1.3 Описание операций базового технологического процесса сборки и сварки изделия

Сборка и сварка элементов ограждения выполняется в цехе металлических конструкций. При этом последовательно выполняются операции технологического процесса, к которым относят:

- подготовка проката и очистка его поверхности от загрязнений,
- правка проката,
- разметка заготовок на прокате,
- механическая резка заготовок из проката,
- транспортировка заготовок на место сборки и сварки,
- сборка заготовок и прихватка,
- сварка,

– контроль качества сварных швов.

Первоначально перед правкой и резкой проката необходимо выполнить его очистку от окалины и ржавчины. Для этого предложено использовать аппарат пескоструйной очистки 1028N производства Hodge Clemco (Великобритания), который представлен на рисунке 7. При выполнении пескоструйной очистки полуфабрикатов применяется рабочее давление сжатого воздуха 10 бар, расход сжатого воздуха принят 12...14 м³/мин. При диаметре сопла 12 мм расход абразива составляет 50...55 кг/м².



Рисунок 7 – Аппарат пескоструйной очистки 1028N

После того, как была выполнена пескоструйная очистка поверхности полуфабрикатов, следует провести контроль геометрии и правку. Для контроля геометрии профильной трубы применяется металлическая линейка, угольник и рулетка. Кривизна трубы сечением 40×60 мм должна составлять не более 24 мм на 1 метр. Кривизна трубы сечением 20×20 мм должна составлять не более 16 мм на 1 метр. В противном случае необходимо провести правку профильной трубы, для чего применяется многороликовая малоразмерная правильная машина СКМЗ, которая представлена на рисунке 8. При этом скорость правки составляет 0,25...0,5 м/с, момент

правки составляет 600 кгс·м, а угол ввода заготовок в первый ролик составляет $90^{\circ}20'$.

Благодаря применению сортоправильной машины устраняется общая волнистость профильной трубы и местные искривления относительно оси трубы.



Рисунок 8 – Правка профильной трубы на правильной машине СКМЗ

При выполнении разметки профильной трубы применяется рулетка со шкалой точности не менее 2-го класса по ГОСТ 7250 и металлическая линейка длиной 1 метр. Также для разметки применяются угольник, угломер и штангенрейсмус. При выполнении разметки на профильной трубе точность не должна быть менее 1 мм.

Для резки заготовок из профильной трубы применяется ленточнопильная машина LS-100, которая представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 – Малоразмерная ленточнопильная машина LS-100

Материал пилочного полотна – сталь 25Х6ВФ, применяется стандартная разводка зубьев с передним углом зуба 0° и постоянным шагом

8 мм. Скорость реза составляет 20 м/мин, натяжение пилочного полотна составляет 300 Н·м.

Для транспортировки заготовок в зону сборки и сварки применяется однобалочный кран грузоподъемностью 1 тонна, который представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Крюковой однобалочный кран грузоподъемностью 1 тонна

Скорость движения транспортируемых заготовок составляет 40 м/мин. Скорость движения тали при ориентировании заготовок составляет 25 м/мин.

Для сборки заготовок применяется универсальный сборочный стенд, который представлен на рисунке 11. Устройство стенда позволяет с высокой производительностью и точностью позиционировать и закреплять заготовки. Стенд включает в себя основание 1, балки 2, механизмы перемещения балок 3, каретки 4, механизмы перемещения кареток, подвижные фиксаторы, механизмы перемещения фиксаторов, зажимы деталей. Зазор между заготовками при сборке не превышает 1 мм.

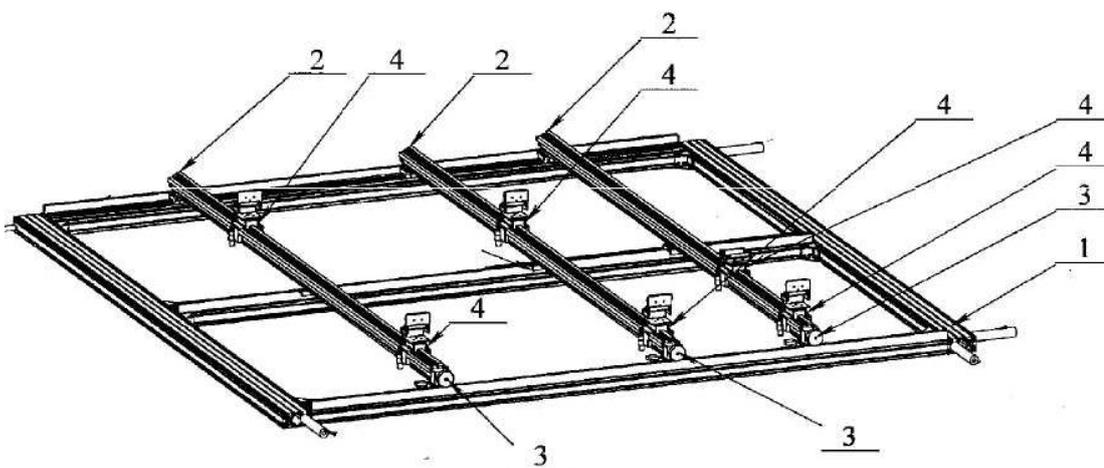


Рисунок 11 – Универсальный сборочный стенд

Для выполнения прихваток и сварных швов применяется источник питания ВД-306, который представлен на рисунке 12. С качестве сварочных материалов при ручной дуговой сварке выступают штучные электроды УОНИ 13/55. Содержание химических элементов в наплавленном металле при использовании сварочных электродов УОНИ 13/55 приведено в таблице 2. Механические свойства наплавленного металла при использовании сварочных электродов УОНИ 13/55 приведены в таблице 3.

Сварка должна выполняться при положительной температуре окружающего воздуха в закрытых помещениях с вентиляцией. Параметры сварки представлены в таблице 4.



Рисунок 12 – Сварочный выпрямитель ВД-306

Таблица 2 – Химический состав металла сварного шва при использовании электродов УОНИИ 13/55

«Марка электрода	C	Mn	Si	Ni	Mo	S+P
УОНИ 13/55	<0,09	1,05	0,42	-	-	< 0,040

Таблица 3 – Механические свойства металла сварного шва, выполненного электродами УОНИИ 13/55

Марка электрода	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	Ударная вязкость KCU
	$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$\delta, \%$	Дж/см^2	Дж/см^2
УОНИ 13/55	420	530	20	130, +20°C 80, -40°C	59, -30°C

Таблица 4 – Параметры режима сварки по базовому варианту технологии

Тип шва	Диаметр электрода, мм	Марка электрода	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В
стыковой	2,5...3	УОНИИ-13/55	80-120	25-26
тавровый	3...4	УОНИИ-13/55	120-160	26-27» [2]

После выполнения сварки проводят 100 % визуально-измерительный контроль сварных швов. Визуально-измерительный контроль проводят после очистки сварных швов и прилегающего металла по всей протяжённости сварного шва.

«При визуально-измерительном контроле не допускаются следующие дефекты: подрезы, наплывы, свищи, трещины, незаваренные кратеры, выходящие на поверхность поры, прожоги» [2].

Следует отметить недостатки базовой технологии, устранение которых позволит достигнуть поставленной во введении цели.

Первым недостатком является то, что при ручной дуговой сварке наблюдается значительное образование пор, непроваров и трещин, что объясняется снижением качества защиты расплавленного металла, перегревом основного металла и попаданием в сварной шов загрязнений.

Вторым недостатком является то, что ручная дуговая сварка характеризуется тяжёлыми и вредными условиями труда сварщика, который находится под воздействием вредных факторов сварочной дуги и сварочного аэрозоля.

Третьим недостатком является то, что в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала свои резервы в области оптимизации параметров режима и совершенствования техника наплавки. Таким образом, повышение производительности и качества ручной дуговой сварки различными техническими примами больше достигнуто быть не может.

Четвёртым недостатком является то, что из-за потерь на угар и разбрызгивание теряется значительная часть дорогостоящих электродов. Кроме того, потери электродов возрастают из-за огарков.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности изготовления ограждений за счёт применения средств автоматизации и механизации сварочных и вспомогательных операций.

При сборке и сварке изделия согласно базовой технологии применяется ручная дуговая сварка. В ходе анализа состояния вопроса были сформулированы недостатки базовой технологии: низкая производительность сварки, плохие условия труда сварщика, значительное количество сварочных дефектов и повышенный расход электродов.

Устранение указанных недостатков позволит достигнуть поставленной цели выпускной квалификационной работы.

В ходе постановки задач на выполнение выпускной квалификационной работы сформулированы:

- дать экспертную оценку альтернативным способам сварки, с учётом которой обосновать выбор способа сварки для построения проектной технологии изготовления элементов ограждения;
- выполнить анализ источников научно-технической информации по вопросу и импульсного управления сварочной дугой и на их основе повысить эффективность выбранного способа сварки;
- построить карту технологического процесса сварки элементов ограждения, провести выбор сварочного оборудования и материалов.

В ходе выполнения оценочного блока следует:

- выполнить оценку проектной технологии на предмет безопасности труда и отрицательного воздействия на окружающую среду [4], [6];
- выполнить оценку финансовых затрат на осуществление базовой и проектной технологии с вычислением экономической эффективности предлагаемых технологических решений [11], [12].

2 Проектная технология сварки ограждения

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Для обоснования выбора способа сварки необходимо выполнить четыре этапа [21], [22].

На первом этапе следует привести все известные способы сварки, при которых обеспечивается эффективная защита металла сварочной ванны и перегретого металла сварного шва. При анализе химической активности стали Ст3 следует отметить её малую химическую активность. Исходя из этого, при выполнении сварных конструкций из стали Ст3 могут быть применены все известные способы сварки: «газовая сварка, ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, лазерная сварка, автоматическая сварка под флюсом, сварка самозащитной порошковой проволокой» [21].

На втором этапе выполняется выбор способов сварки, которые позволяют получать качественный шов при сварке деталей толщины 1,5 мм и 2,0 мм. Для такой толщины целесообразно применение таких способов: «ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, лазерная сварка, сварка самозащитной порошковой проволокой» [21].

На третьем этапе следует провести анализ протяжённости и пространственного положения сварных швов. Длина сварных швов на рассматриваемом изделии составляет несколько десятков миллиметров. Поскольку выполняется сварка каркасной конструкции, то расположение сварных швов произвольное. На основании этого следует заключить, что автоматические способы сварки применять нецелесообразно. Исходя из этого перечислим способы сварки, которые будут использованы при окончательном анализе: «ручная дуговая сварка, сварка плавящимся

электродом в защитных газах, сварка порошковой самозащитной проволокой» [21].

На четвёртом этапе проводится окончательный анализ перечисленных способов сварки с указанием их преимуществ и недостатков.

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 13-а, имеет ряд преимуществ, которые позволили получить ей широкое распространение во многих отраслях промышленности [7], [15]:

- для реализации технологии с применением ручной дуговой сварки нет необходимости привлекать узких специалистов со специальными знаниями по сварочным технологиям;
- оборудование для ручной дуговой сварки по сравнению с оборудованием для других способов сварки обладает дешёвизной и простотой;
- для реализации технологии сварки ручной дуговой сварки в большинстве случаев отсутствует необходимость покупки нового сварочного оборудования.

Сварка самозащитной порошковой проволокой, схема выполнения которой представлена на рисунке 13-б, предоставляет значительные преимущества при организации технологического процесса, которые наиболее полно проявляются именно в условиях монтажа и ремонта [19], [26]. В числе преимуществ сварки самозащитными порошковыми проволоками можно обозначить:

- сварка порошковыми проволоками позволяет получить большую производительность по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой в защитном газе;
- существенно повышается мобильность сварочного поста, так как при сварке не требуется применение газовой аппаратуры;
- при работе на открытом воздухе обеспечивается лучшая защита сварного шва по сравнению со сваркой в защитном газе.

В качестве преимуществ сварки проволокой сплошного сечения в смеси защитных, схема выполнения которой представлена на рисунке 13-в, следует отметить [10], [13], [18]:

- проволока сплошного сечения по сравнению с порошковой проволокой обладает значительной стойкостью против заломов, поэтому механизм подачи проволоки сплошного сечения значительно проще, чем при сварке порошковой проволокой.
- отсутствие шлаковой корки, которую не нужно сбивать при выполнении многослойной сварки. Это позволяет повысить производительность и качество сварочных работ;
- высокая производительность процесса, которая существенно выше, чем при ручной дуговой сварке;
- при сварке в углекислом газе упрощается сварка в различных пространственных положениях из-за повышения вязкости расплавленного металла по сравнению со сваркой порошковой проволокой и ручной дуговой сваркой.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа проводили по таким критериям: стоимость оборудования, производительность способа, маневренность способа, экономичность способа, качество выполнения сварных швов, условия труда сварщиков, внешний вид сварных швов.

Результаты анализа каждого способа сварки по выставленным экспертным оценкам представлены на рисунке 14.

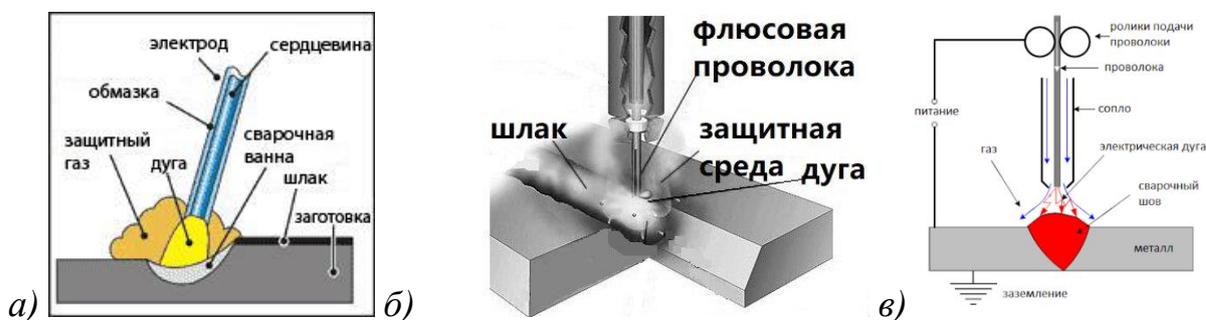
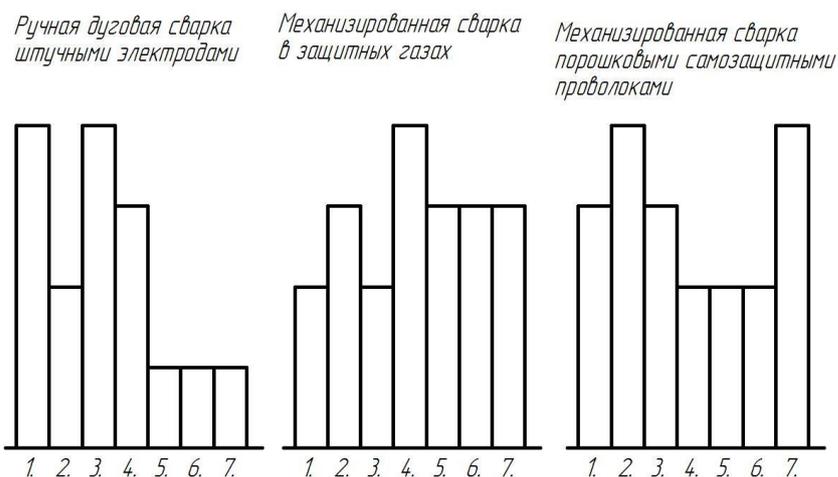


Рисунок 13 – Альтернативные способы сварки: ручная дуговая сварка (а), сварка самозащитной порошковой проволокой (б), механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения (в)



1 - стоимость оборудования; 2 - производительность; 3 - маневренность;
4 - экономичность; 5 - качество варки; 6 - условия труда сварщика;
7 - внешний вид сварных швов

Рисунок 14 – Анализ альтернативных способов сварки с выставление экспертных оценок

На основании результатов экспертной оценки каждого способа самым эффективным следует признать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Повышение эффективности этого способа сварки возможно за счёт устранения недостатков:

- затрудненные перемещения сварщика из-за наличие баллонов со сжатым газом и газового оборудования;
- увеличение разбрызгивания электродного металла при переходе на формированные режимы сварки. Это ограничивает производительность работ, заставляя уменьшать величину сварочного тока;
- пониженная пластичность наплавленного металла, что может стать причиной образования трещин в сварном шве.

Резервы для повышения эффективности следует искать в области повышения производительности сварки (второй пункт), повышения качества сварки (пятый пункт) и внешнего вида сварных швов (седьмой пункт). Работы в этом направлении могут быть выполнены путём применения управляемого переноса электродного металла [10], [13], [18].

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки

На диаграмме, представленной на рисунке 15, «показаны основные параметры и воздействия, которые определяют тип переноса электродного металла при сварке. К этим параметрам и воздействиям относят состав защитного газа, источник питания дуги, механизм подачи сварочной проволоки, состав электродной проволоки, состав электродной проволоки, производственные возмущения» [5], [9], [25].



Рисунок 15 – Схема основных параметров сварочного процесса, воздействующих на перенос металла электрода

Для повышения эффективности дуговой сварки следует рассмотреть такое перспективное направление, как исследование технологических возможностей сварочной дуги с импульсным управлением электрическими параметрами. Импульсное горение дуги:

- «обеспечить направленный перенос электродного металла при сварке;
- возможность получения качественных соединений при сварке во всех пространственных положениях;
- существенно уменьшить потери металла на угар и разбрызгивание;
- повысить стабильность качества сварных швов и их внешний вид» [27].

Разработки в данной области ведутся всеми современными производителями сварочного оборудования [27]: Lincoln Electric (процесс STT), Fronius International GmbH (процесс CMT - Cold Metal Transfer),

КЕМРРІ (процесс FastROOT), EWM (процесс Force Arc). Типы переноса электродного металла представлены на рисунке 16.

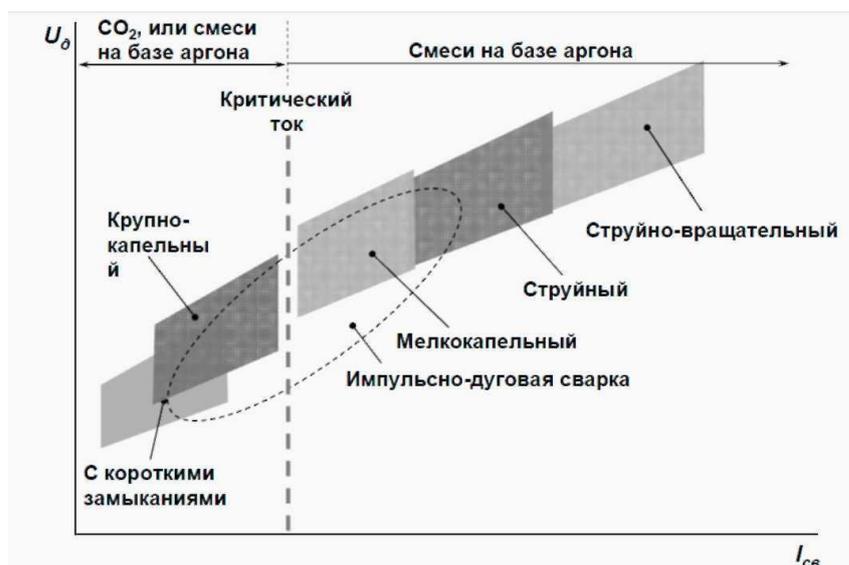
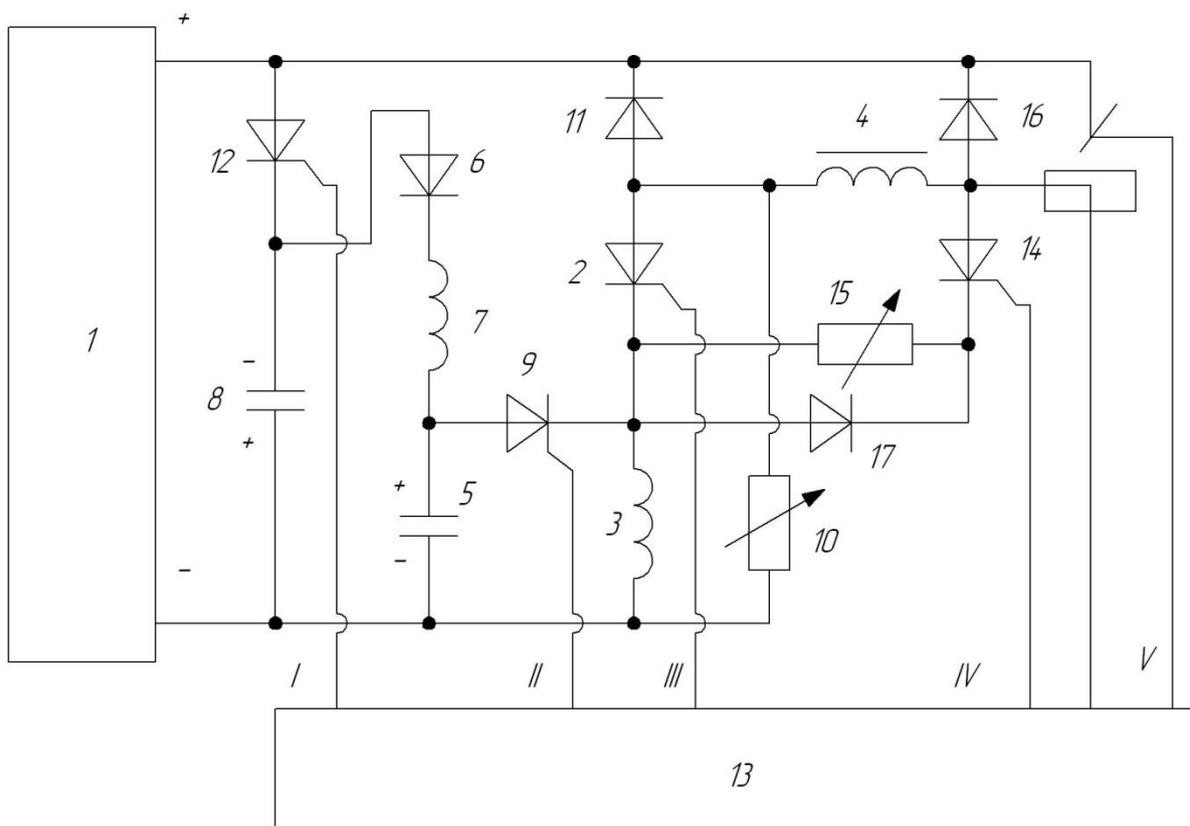


Рисунок 16 – Типы переноса электродного металла при сварке в защитных газах [2]

Предлагаемое устройство для сварки с короткими замыканиями содержит согласно рисунка 17: «источник постоянного тока 1, силовой тиристор 2, коммутирующий 3 и сглаживающий 4 дроссели, включенные последовательно в сварочную цепь, коммутирующий конденсатор 5, который через первый блокирующий диод 6 и зарядный дроссель 7 подключен параллельно фильтрующему конденсатору 8, а через вспомогательный тиристор 9 параллельно коммутирующему дросселю 3, первый секционированный резистор 10, подключенный параллельно последовательно соединенным силовому тиристор 2 и коммутирующему дросселю 3, первый шунтирующий диод 11 и импульсный фильтр, образованный последовательно соединенными дополнительным тиристором 12 и фильтрующим конденсатором 8, схему управления 13, последовательно соединенные тиристор 14 и второй секционированный резистор 15, которые через сглаживающий дроссель 4 подключены параллельно силовому тиристор 2, второй блокирующий диод 16, анод которого соединен с анодом тиристора 14, а катод с плюсом источника постоянного тока 1, и второй шунтирующий диод 17, подключенный параллельно второму

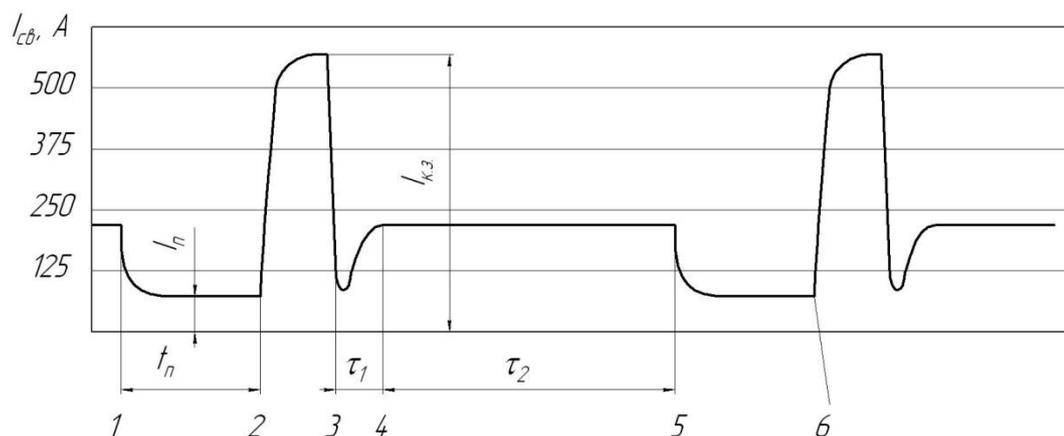
секционированному резистору 15 в обратном направлении протекания тока короткого замыкания» [1].



«1 - источник постоянного тока, 2 - силовой тиристор, 3 – коммутирующий дроссель, 4 - сглаживающий дроссель, 5 - коммутирующий конденсатор, 6 - блокирующий диод, 7 - зарядный дроссель, 8 - фильтрующий конденсатор, 9 - вспомогательный тиристор, 10 - секционированный резистор, 11 - шунтирующий диод, 12 - дополнительный тиристор, 13 - схема управления, 14 - тиристор, 15 - второй секционированный резистор, 16 - блокирующий диод, 17 - второй шунтирующий диод» [1]

Рисунок 17 – Схема устройства формирования импульсов сварки согласно изобретению [1]

Диаграмма тока при импульсном управлении сваркой показана на рисунке 18. На интервале времени 1-2 происходит протекание тока паузы (капля принимает соосное электроду положение). На интервале времени 2-3 – короткое замыкание (увеличение тока). На интервале времени 3-4 – утонение и разрыв перемычки. На интервале времени 4-5 – стабильное горение дуги (рост новой капли). На интервале времени 5-6 – протекание тока паузы (капля принимает соосное электроду положение).



τ_1 - длительность паузы в протекании сварочного тока к моменту разрыва перемычки;
 τ_2 - длительность дозирования энергии плавления электрода; t_n - длительность паузы перед коротким замыканием; $I_{св}$ - ток сварки; I_n - ток паузы; $I_{к.з.}$ - ток короткого замыкания

Рисунок 18 – Диаграмма тока при сварке согласно изобретению [1]

Применение изобретения [1] даёт положительный технический эффект в виде повышения производительности сварки на 25..30 % за счёт увеличения силы сварочного тока. При этом переход на форсированные режимы сварки не сопровождается увеличением разбрызгивания электродного металла, а внешний вид сварных швов за счёт импульсного характера горения дуги становится соизмерим с внешним видом сварных швов при сварке неплавящимся электродом в инертных газах.

2.3 Операции проектного технологического процесса сборки и сварки

Первая операция – очистка поверхности проката. Для этого предложено использовать аппарат пескоструйной очистки 1028N производства Hodge Clemco (Великобритания). При выполнении пескоструйной очистки полуфабрикатов применяется рабочее давление сжатого воздуха 10 бар, расход сжатого воздуха принят 12...14 м³/мин. При диаметре сопла 12 мм расход абразива составляет 50...55 кг/м².

Вторая операция – правка проката. Для контроля геометрии профильной трубы применяется металлическая линейка, угольник и рулетка. Кривизна трубы сечением 40×60 мм должна составлять не более 24 мм на 1 метр. Кривизна трубы сечением 20×20 мм должна составлять не более 16 мм на 1 метр. В противном случае необходимо провести правку профильной трубы, для чего применяется многороликовая малоразмерная правильная машина СКМЗ, которая представлена на рисунке 8. При этом скорость правки составляет 0,25...0,5 м/с, момент правки составляет 600 кгс·м, а угол ввода заготовок в первый ролик составляет 90°20'.

Третья операция – разметка и механическая резка проката. При выполнении разметки профильной трубы применяется рулетка со шкалой точности не менее 2-го класса по ГОСТ 7250 и металлическая линейка длиной 1 метр. Также для разметки применяются угольник, угломер и штангенрейсмус. При выполнении разметки на профильной трубе точность не должна быть менее 1 мм. Для резки заготовок из профильной трубы применяется ленточнопильная машина LS-100. Применяется стандартная разводка зубьев с передним углом зуба 0° и постоянным шагом 8 мм. Скорость реза составляет 20 м/мин, натяжение пилочного полотна составляет 300 Н·м.

Четвёртая операция – транспортировка заготовок. Для транспортировки заготовок в зону сборки и сварки применяется однобалочный кран грузоподъёмностью 1 тонну. Скорость движения транспортируемых заготовок составляет 40 м/мин. Скорость движения тали при ориентировании заготовок составляет 25 м/мин.

Пятая операция – зачистка и сборка заготовок. Для зачистки поверхности заготовок применяется пневматическая шлифовальная машинка ИП-2015, на которую установлен диск с проволочными щётками. Зачистку выполняют на расстоянии 15...20 мм от торцев заготовок. Для сборки заготовок применяется универсальный сборочный стенд. Устройство стенда позволяет с высокой производительностью и точностью позиционировать и

закреплять заготовки. Зазор между заготовками при сборке не превышает 1 мм.

Шестая операция – прихватка и сварка. Прихватку выполняют короткими швами длиной 5...7 мм. Необходимо контролировать прихваточные швы на отсутствие прожогов и трещин.

Для выполнения прихваток и сварных швов предложено использовать сварочный выпрямитель ВДУ-3020, который представлен на рисунке 19-а. Для подачи проволоки предложено использовать механизм Форсаж-МПм, который представлен на рисунке 19-б.



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

Параметры режима прихватки и сварки приведены в таблице 5.

В качестве сварочных материалов применяется проволока Св-08ГС, которая представлена на рисунке 20-а и углекислый газ в баллонах, которые представлены на рисунке 20-б. Содержание химических элементов в проволоке Св-08ГС представлено в таблице 6.

Седьмая операция – контроль качества сварки. Визуально-измерительный контроль проводят с использованием специального комплекта, представленного на рисунке 21. Комплект включает в себя такие инструменты, как угольник, металлическую линейку, штангенциркуль, рулетку, универсальный шаблон сварщика, лупу с подсветкой увеличением 3,5 крат и лупу без подсветки увеличением 7 крат, набор щупов и шаблонов. Также в состав комплекта входит инструкция по визуальному контролю РД 03-606-03, маркер по металлу и электрический фонарик.

Таблица 5 – Параметры режима прихватки и механизированной сварки [18]

Диаметр проволоки	Сварочный ток	Напряжение на дуге	Скорость подачи проволоки	Расход газа	Скорость сварки
мм	А	В	м/ч	л/мин	м/ч
1,6	240...260	30...32	230...240	12...14	40...45

Таблица 6 – Содержание химических элементов в металле шва при сварке проволокой Св-08ГС

С, %	Mn, %	Si, %	P, %	S, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %
<0,10	1,4-1,7	0,6-0,85	<0,030	<0,025	0,20	0,25	<0,025



Рисунок 20 – Применяемый по проектной технологии сварочные материалы: проволока Св-08ГС (а) и баллоны с углекислым газом (б)



Рисунок 21 – Комплект для визуально-измерительного контроля

По результатам визуального контроля должны выполняться следующие требования:

- «не допускается наличие трещин всех видов и направлений;
- сварной шов должен иметь гладкую структуру с плавным переходом к основному металлу, при этом неровность не должна быть более 0,5 мм;
- должны отсутствовать скопления пор и шлаковых включений, свищи, наплывы по всей длине сварного шва;
- не допускается наличие незаваренных кратеров» [2].

Выводы по второму разделу

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности изготовления ограждений за счёт применения средств автоматизации и механизации сварочных и вспомогательных операций.

При выполнении второго (исполнительского) раздела выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- дать экспертную оценку альтернативным способам сварки, с учётом которой обосновать выбор способа сварки для построения проектной технологии изготовления элементов ограждения;
- выполнить анализ источников научно-технической информации по вопросу и импульсного управления сварочной дугой и на их основе повысить эффективность выбранного способа сварки;
- построить карту технологического процесса сварки элементов ограждения, провести выбор сварочного оборудования и материалов.

После решения задач в исполнительском разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнение оценочного блока, в котором будут решены ещё две задачи.

Во-первых, предстоит оценка предлагаемых технических решений на предмет экологической безопасности и охраны труда. Далее предстоит назначить средства и мероприятия по обеспечению установленных нормативов по безопасности технологических процессов для персонала и окружающей среды [4], [6].

Во-вторых, предстоит выполнить экономические расчёты по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых следует сделать вывод о экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [11], [12].

3 Экологическая экспертиза результатов выпускной квалификационной работы

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных технологий при изготовлении элементов ограждения.

При выполнении базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением сварочной дугой.

При выполнении проектной технологии предусмотрены следующие операции технологического процесса, которые представлены в таблице 7: «очистка поверхности проката, правка проката, разметка и механическая резка, зачистка и сборка, прихватка и сварка, контроль качества» [3].

Изменение технологии сварки металлической конструкции сопровождается изменением опасных и вредных производственных факторов, которые оказывают негативное воздействие на персонал и окружающую среду. Поэтому в настоящем разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, оценить их влияние и предложить меры по защите от них персонала.

Кроме того, предстоящий анализ позволит не только устранить профессиональные риски, но и повысить пожарную безопасность технического объекта, паспорт которого представлен в таблице 7.

Также анализ проектной технологии позволит выявить негативные факторы, влияние которых на атмосферу, гидросферу и литосферу следует устранить в рамках повышения экологической ответственности.

Таблица 7 – Технологический паспорт участка восстановительно наплавки

«Наименование операции технологического процесса»	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции» [4], [6]
«очистка поверхности проката	Слесарь-сборщик	1) Мобильный пескоструйный аппарат 1028N	1) Абразив SA-3 2) Воздух сжатый 3) Рукавицы
правка проката	Слесарь-сборщик	1) Многороликовая правильная машина СКМЗ 2) Линейка металлическая	1) Маркер по металлу 2) Капроновая струна
разметка и механическая резка	Слесарь-сборщик, электросварщик	1) Малоразмерная ленточнопильная машина LS-100 2) Рулетка металлическая 5 м 3) Угольник 4) Чертилка	1) Маркер по металлу 2) Рукавицы
зачистка и сборка	Слесарь-сборщик	1) Машинка радиальная шлифовальная ИП-2015 2) Сборочное приспособление 3) Струбцины	Диск с проволочной щёткой;
прихватка и сварка	Электросварщик	1) Сборочное приспособление 2) Струбцины 3) Сварочный выпрямитель ВД-3002 4) Полуавтомат Форсаж-МПм	1) Проволока Св-08ГС 2) Абразивный круг 3) Углекислый газ
контроль качества» [3]	Дефектоскопист	1) Набор визуально-измерительного контроля	-

Технологический паспорт объекта – участка для проведения сварочных работ при изготовлении элементов ограждения – позволяет разделить технологический процесс по операциям и указать для каждой операции применяемое оборудование. Также для каждой операции указывается привлекаемый персонал, который может оказаться под негативным воздействием опасных и вредных факторов, сопровождающих выполнение данной операции технологического процесса.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Для того, чтобы выделить и выполнить оценку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих реализацию проектной технологии, необходимо рассмотреть каждую операцию, как показано в таблице 8.

На основании данных таблицы 6 были указаны следующие опасные и вредные производственные факторы:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение.

В результате дальнейшего анализа перечисленных негативных факторов могут быть предложены стандартные решения, позволяющие уменьшить их влияние на работающий персонал до приемлемого уровня.

Дальнейшие работы будут направлены на идентификацию персональных рисков, для устранения которых будут предложены технологические и организационные мероприятия. Также будут предложены работы по обеспечению пожарной и экологической безопасности производства.

Таблица 8 – Идентификация опасных и вредных производственных факторов, возникающих при осуществлении проектной технологии

«Операция процесса	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник негативного фактора» [4], [6]
очистка поверхности проката	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	мобильный пескоструйный аппарат 1028N
правка проката	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	многороликовая правильная машина СКМЗ
разметка и механическая резка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	малоразмерная ленточнопильная машина LS-100 , линейка металлическая, угольник, заготовки
зачистка и сборка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	машинка радиальная шлифовальная ИП-2015, сборочное приспособление, струбины
прихватка и сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека ; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня 	универсальная сварочная оснастка; струбины; сварочный источник питания; зачистная машинка; сварочная дуга; сварочный аэрозоль; нагретые края изделия
контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования 	набор визуально-измерительного контроля

3.3 Предлагаемые меры по уменьшению воздействия на персонал негативных производственных факторов

Ранее были выделены опасные и вредные производственные факторы, которые оказывают негативное воздействие на работающий персонал в ходе выполнения каждой операции проектного технологического процесса.

Для каждого такого фактора на основании литературного анализа источников [4], [6] могут быть предложены стандартные решения, которые представлены в виде технических средств и организационных мероприятий. Эти средства представлены в таблице 9, их грамотное применение позволяет устранить действие негативных факторов или уменьшить его до приемлемого уровня.

Представленные в таблице технические средства и организационные мероприятия направлены на снижение травматизма работников производства и уровня профессиональных заболеваний:

- проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда;
- применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности;
- оснащение оборудования защитной блокировкой;
- установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону;
- установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства;
- применение устройств защитного отключения электропитания оборудования;
- применение защитного заземления и зануления оборудования;
- контроль состояния защитных устройств и изоляции;
- уменьшение времени негативного воздействия.

Таблица 9 – Мероприятия по устранению негативных производственных факторов

«Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов» [4], [6]
наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	<ul style="list-style-type: none"> - проведение инструктажа персонала по вопросам обеспечения безопасности труда; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования	<ul style="list-style-type: none"> - установка ограждений, препятствующих несанкционированному проникновению в опасную зону; - применение специальных табличек и плакатов, сигнализирующих об опасности; - оснащение оборудования защитной блокировкой 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- установка устройств общеобменной и местной вентиляции рабочего пространства	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты
опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	<ul style="list-style-type: none"> - применение устройств защитного отключения электропитания оборудования; - применение защитного заземления и зануления оборудования; - контроль состояния защитных устройств и изоляции; - инструктаж по электробезопасности 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
нагрев поверхности деталей до высоких температур	<ul style="list-style-type: none"> - автоматизация технологических процессов; - инструктаж персонала 	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
инфракрасное излучение	- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой
ультрафиолетовое излучение	- установка защитных экранов, снижающих интенсивность излучения	Оснащение рабочего персонала специальной одеждой

Реализация проектной технологии не только сопровождается появлением опасных и вредных производственных факторов, но и риском образования пожаров, в результате которых могут пострадать как сами работники, так и имущество предприятия.

Исходя из этого, дальнейшие работы при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы направим в сторону обеспечения пожарной безопасности.

3.4 Пожарная безопасность на производстве

Проектная технология, предложенная в настоящей выпускной квалификационной работе, является источником возникновения рисков образования пожара. Для устранения этих рисков следует предложить технические средства и организационные мероприятия. В таблице 10 представлена идентификация факторов пожара.

Таблица 10 – Класс пожара и идентификация его негативных факторов

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Производственный участок сварки металлических конструкций с установленным на нём технологическим оборудованием	Станок токарно-винторезный, автомат сварочный, источник питания сварочной дуги, электропечь, подъёмный кран	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [6]	Пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания

В качестве основных негативных факторов возможного пожара следует отметить: пламя и искры, тепловой поток, повышенную температуру окружающей среды, повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения, уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму.

В качестве сопутствующих проявлений пожара следует отметить: негативное влияние используемых при тушении пожара химикатов на оборудование и персонал, порчу электрического оборудования вследствие нарушения целостности изоляции и короткого замыкания.

Предлагаемые мероприятия представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Предлагаемые организационные мероприятия по снижению риска возникновения пожаров на предприятии

«Наименование технологического процесса»	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности» [6]
Участок для сборки и сварки (механизованная и автоматическая сварка)	«Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими» [4]	Для ограничения разлёта искр при пожаре необходимо оснастить участок специальными защитными экранами. На участке должны в достаточном количестве находиться первичные средства пожаротушения.

Для обеспечения пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка предлагается применение средств, представленных в таблице 9.

Эти средства должны быть размещены на производственном участке в доступных для персонала местах и содержаться в исправном состоянии.

Следует отметить, что только совокупное действие по проведению организационных мероприятий по снижению рисков образования пожаров и наличие средств пожаротушения могут обеспечить комплексную защиту.

Таблица 12 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства для тушения	Мобильные средства для тушения	Стационарные системы и установки для тушения	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Пожарный кран	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения

Таким образом, предложенные в выпускной квалификационной работе мероприятия позволяют уменьшить риск возникновения пожара на предприятии при реализации проектной технологии.

3.5 Экологическая безопасность проектной технологии

Реализация предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений не только приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, борьбе с которыми посвящена предыдущая часть раздела, но и вызывает негативное воздействие на окружающую среду. Необходимость повышения экологической ответственности предприятий повышает актуальность экологической повестки и заставляет принимать меры по защите атмосферы, гидросферы и литосферы.

Негативные факторы, действие которых на окружающую среду возможно при реализации проектной технологии, представлены в таблице 13.

Действие негативных факторов производства на атмосферу, гидросферу и литосферу следует уменьшить, для чего предусмотрены мероприятия, приведённые в таблице 14.

Таблица 13 – Идентификация негативных экологических факторов проектной технологии

Технологический процесс	Операции, технологического процесса	Негативные факторы проектной технологии, которые отрицательно влияют на окружающую среду		
		в атмосфере	в гидросфере	в литосфере
Участок для сборки и сварки (механизованная и автоматическая сварка)	очистка поверхности проката	-	Отходы смазывающе-охлаждающей жидкости	Стружка, частицы упаковки, бытовой мусор
	правка проката	-		
	разметка и механическая резка	-	Отходы масла	
	зачистка и сборка	-		бытовой мусор
	прихватка и сварка	вредные испарения	-	шлак, бытовой мусор
	контроль качества	вредные испарения	Отходы масла	бытовой мусор

Таблица 14 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сварки металлических конструкций с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [4]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [4]
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [4]

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

Выводы по экологическому разделу

В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности.

Реализация проектной технологии приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых позволила предложить стандартные технические и организационные решения.

Идентификация опасных факторов пожара на рассматриваемом предприятии позволила предложить мероприятия и технические решения по устранению опасности возгорания. Также в настоящем разделе предложены средства борьбы с пожаром, если он все-таки произошёл несмотря на принятые меры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволят соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Все предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия являются стандартными и не требуют повышения эффективности за счёт разработки специализированных средств и методик.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений

4.1 Исходные данные для выполнения расчётов по экономической эффективности

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных технологий при изготовлении элементов ограждения.

При выполнении базовой технологии сварки металлических конструкций предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Устраняемые недостатки ручной дуговой наплавки:

- низкая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть увеличена путём корректировки параметров режима и состава сварочных электродов;
- при ручной дуговой сварке наблюдается низкая стабильность качества, что объясняется непроварами, пористостью и трещинами;
- при ручной дуговой сварке сварщику приходится работать в тяжёлых условиях, которые усугубляются вредным воздействием образующегося при горении дуги сварочного аэрозоля;
- расход электродов на огарки, разбрызгивание и угар приводят при ручной дуговой сварке к увеличению расходов на сварочные материалы.

Проектная технология восстановительной наплавки предусматривает применение механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным горением дуги.

Таким образом, для выполнения экономических расчётов по оценке эффективности проектной технологии следует свести в таблицу 15 исходные данные по базовому и проектному вариантам технологии.

Таблица 15 – Исходные данные для экономической оценки эффективности проектной технологии по сравнению с базовой технологией

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
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.	150 тыс.	500 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	3,2	3,2
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	$м^2$	30	30
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	$(P/м^2)/год$	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» [11]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Исходные данные в таблице 15 позволяют выполнить последующий расчёт экономических показателей базового и проектного вариантов проведения работ.

4.2 Расчёт объёмов фонда времени

Выполнение операций согласно проектной и базовой технологий предусматривает использование материальных и людских ресурсов в течение определённого количества времени. В зависимости от затрачиваемого времени рассчитывается заработная плата персонала, который задействован при выполнении операций технологического процесса. Также затрачиваемое время влияет на величину расходов на амортизацию оборудования и производственные площади.

В настоящем разделе выполним расчёт фонда времени, который одинаков для проектного и базового вариантов технологического процесса, так как в обоих случаях технология выполняется за одинаковое число смен в сутках.

В календарном году принимается число рабочих дней $D_p = 277$ при стандартной продолжительности смены $T_{см} = 8$ часов. При расчётах следует учитывать сокращение длительности рабочей смены в предпраздничные дни на $T_{п} = 1$ час. Планируемое количество предпраздничных дней составляет $D_{п} = 7$. С учётом вышеизложенного для количества смен $K_{см} = 1$ рассчитаем фонд времени, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (1) получаем:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ часов.}$$

Далее следует рассчитать величину эффективного фонда времени с учётом запланированных потерь рабочего времени $B = 7 \%$, воспользовавшись формулой:

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

При подстановке исходных значений в формулу (2) получаем:

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ часов.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Расчитанный выше эффективный фонд времени работы оборудования расходуется на выполнение операций проектного и базового технологического процесса. Годовую программы выполнения работ можно рассчитать, зная штучное время, которое определяет временные затраты на выполнение проектного и базового процессов применительно к одной единице изделия из годовой программы. Величину штучного времени для проектного и базового вариантов технологии определяем с учётом нормирования труда сварщика по технологической карте.

В состав штучного времени $t_{шт}$ входит несколько слагаемых. Во-первых, это машинное время $t_{маш}$, которое затрачивается на выполнение основных операций технологического процесса. Во-вторых, это вспомогательное время $t_{всп}$, которое затрачивается на выполнение подготовительных операций и задаётся как 10 % от машинного времени $t_{маш}$. В-третьих, это время обслуживания рабочего места $t_{обсл}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В-четвёртых, это время личного отдыха $t_{отд}$, которое задаётся как 5 % от машинного времени $t_{маш}$. В пятых, это подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$, которое задаётся как 1% от машинного времени $t_{маш}$. С учётом исходных данных расчёт штучного времени проводим, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (3) получаем для базового варианта: $t_{шт.баз} = 4,6 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 8$ часа,
проектного варианта: $t_{шт.пр} = 2,3 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 4$ часа.

Вычисление годовой программы Π_r работ выполняем с учётом определённых выше эффективного фонда времени и штучного времени для проектного и базового вариантов, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (4) получаем для базового варианта: $\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/8 = 256$ элементов в год, проектного варианта: $\Pi_{\Gamma.\text{пр.}} = 2054/4 = 512$ элементов в год.

При проведении последующих экономических расчетов примем годовую программу для проектного и базового вариантов технологии $\Pi_{\Gamma} = 150$ элементов в год, что примерно соответствует современным потребностям отрасли.

Для расчёта требуемого количества оборудования, которое необходимо при выполнении годовой программы с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$, воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (5) получаем для базового варианта: $n_{\text{расч}} = 8 \cdot 150 / (2054 \cdot 1,03) = 0,57$, проектного варианта: $n_{\text{расч}} = 4 \cdot 150 / (2054 \cdot 1,03) = 0,28$.

На основании проведённых расчётов принимаем количество единиц технологического оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса согласно проектного и базового вариантов $n = 1$. Для расчёта коэффициента загрузки оборудования в обоих вариантах технологии воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (6) получаем для базового варианта: $K_{\text{э.б.}} = 0,57/1 = 0,57$; проектного варианта: $K_{\text{э.п.}} = 0,28/1 = 0,28$.

Определённые выше значения штучного времени $t_{\text{шт.}}$, годовой программы Π_{Γ} , коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{э}}$ будут использованы при дальнейших экономических расчётах.

4.4 Заводская себестоимость проектного и базового вариантов технологии

Проведение операции восстановительной наплавки требует затрат сварочных материалов. При базовом варианте технологии такими материалами служат сварочные электроды. При проектной технологии сварочными материалами служат наплавочный порошок и защитный газ. При дальнейших расчётах себестоимости выполнения работ необходимо определить затраты M на материалы с учётом цены материалов C_M , нормы расхода материалов N_p и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, воспользовавшись формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (7) получаем для базового варианта: $M_{баз.} = 152 \cdot 1,5 \cdot 1,05 = 344$ руб.;

проектного варианта: $M_{пр.} = 410 \cdot 0,8 \cdot 1,05 + 90 \cdot 0,7 \cdot 1,05 = 384$ руб.

Расчёт основной заработной платы $Z_{осн}$ выполняем по ранее определённым величинам штучного времени $t_{шт}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки $C_ч$. Для этого воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (8) получаем для базового варианта технологии: $Z_{осн} = 8 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2256$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{осн} = 4 \cdot 150 \cdot 1,88 = 1128$ руб.

Расчёт дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ проводим с использованием ранее определённого значения основной заработной платы $Z_{осн}$ для проектного и базового вариантов и с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (9) получаем для базового варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 2256 \cdot 12 / 100 = 271$ руб.; проектного варианта технологии: $Z_{\text{доп}} = 1128 \cdot 12 / 100 = 135$ руб.

Объём фонда заработной платы ФЗП определим как сумму дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$. При этом для базового варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 2256 + 271 = 2527$ руб. Для проектного варианта объём фонда заработной платы составил: $\text{ФЗП} = 1128 + 135 = 1263$ руб.

Величину отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяем с учётом ранее рассчитанного фонда заработной платы ФЗП и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (10) получаем для базового варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 2527 \cdot 34 / 100 = 859$ руб.; для проектного варианта технологии: $O_{\text{сн}} = 1263 \cdot 34 / 100 = 429$ руб.

Затраты на оборудование $Z_{\text{об}}$ рассчитываем с учётом амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Величину амортизационных отчислений определим с учётом нормы амортизации $H_{\text{а}}$, цены оборудования $\Pi_{\text{об}}$ для выполнения операций по базовому и проектному вариантам и машинного времени $t_{\text{маш}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (12) получаем для базового варианта: $A_{об.} = 150000 \cdot 21,5 \cdot 8 / 2054 / 100 = 126$ руб.; для проектного варианта: $A_{об.} = 500000 \cdot 21,5 \cdot 4 / 2054 / 100 = 209$ руб.

Расчёт затрат на электрическую энергию $P_{э}$ выполняем с учётом установленной мощности оборудования $M_{уст}$, цены электрической энергии для промышленных предприятий $C_{э}$ и коэффициента полезного действия КПД для рассчитанного выше штучного времени $t_{шт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (13) получаем для базового варианта: $P_{э} = 8 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 914$ руб. Для проектного варианта получаем: $P_{э} = 4 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 602$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (11) получаем для базового варианта: $Z_{об} = 126 + 914 = 1040$ руб. Для проектного варианта технологии получаем: $Z_{об} = 209 + 606 = 815$ руб.

Величину технологической себестоимости $C_{тех}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим как сумму затрат на материалы M , фонд заработной платы ФЗП, отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ и затраты на оборудование $Z_{об}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (14) получаем для базового варианта: $C_{тех.} = 344 + 2527 + 859 + 1040 = 4770$ руб. Для проектного варианта технологии: $C_{тех.} = 384 + 1263 + 429 + 815 = 2891$ руб.

Величину цеховой себестоимости $C_{цех}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной технологической

себестоимости $C_{\text{тех}}$ и коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (15) получаем для базового варианта: $C_{\text{цех}} = 4770 + 1,5 \cdot 2256 = 4770 + 3384 = 8154$ руб. Для проектного варианта: $C_{\text{цех}} = 2891 + 1,5 \cdot 1128 = 2891 + 1692 = 4583$ руб.

Величину заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ при выполнении производственного процесса по базовому и проектному вариантам технологии определим с учётом ранее рассчитанной цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ и коэффициента заводских расходов $K_{\text{зав}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (16) получаем для базового варианта: $C_{\text{зав}} = 8154 + 1,15 \cdot 2256 = 8154 + 2594 = 10748$ руб. Для проектного варианта: $C_{\text{зав}} = 4583 + 1,15 \cdot 1128 = 4583 + 1294 = 5877$ руб.

В таблице 16 представлена калькуляция заводской себестоимости проведения проектной и базовой технологии.

Таблица 16 – Калькуляция заводской себестоимости проведения производственного процесса по базовому и проектному варианту технологии

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. «Затраты на материалы	М	344	384
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	2527	1263
3. Отчисления на соц. нужды	Осс	859	429
4. Затраты на оборудование	Зоб	1040	815
5. Технологическая себестоимость	Стех	4770	2891
6. Объём цеховых расходов	Рцех	3384	1692
7. Цеховая себестоимость	Сцех	8154	4583
8. Объём заводских расходов	Рзав	2594	1294
9. Заводская себестоимость» [15]	Сзав	10748	5877

Как видно из таблицы 16, проведение производственного процесса по проектной технологии характеризуется меньшей заводской себестоимостью.

4.5 Капитальные затраты по проектному и базовому вариантам технологии

Вычисление общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при проведении производственного процесса по базовому варианту технологии проводится с использованием рассчитанного ранее коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Величину остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, которое было использовано в производственном процессе при осуществлении базового варианта технологии рассчитываем с учётом срока службы $T_{\text{сл}}$, рыночной стоимости нового оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизационных отчислений H_a . При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (18) получаем остаточную стоимость $\Pi_{\text{об.б.}} = 150000 - (150000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 85500$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (17) получаем величину общих капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 85500 \cdot 0,57 = 48735$ руб.

Вычисление общих капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при проведении производственного процесса по проектному варианту технологии проводится с учётом капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ и сопутствующих затрат $K_{\text{соп.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Объём капитальных вложений в оборудование $K_{\text{об}}$ при осуществлении проектного технологического процесса рассчитывается с учётом цены

оборудования $C_{об}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{з.п.}$, который был рассчитан ранее. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (20) капитальные вложения в оборудование $K_{об.пр.} = 500000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 147000$ руб.

Объём сопутствующих затрат $K_{соп}$ при проведении производственного процесса по проектной технологии вычисляется с учётом расходов на монтаж $P_{монт}$ проектного оборудования и демонтаж $P_{дем}$ базового оборудования. При расчётах воспользуемся формулой:

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

Расходы на демонтаж $P_{дем}$ определяются исходя из стоимости оборудования по базовому варианту с учётом коэффициента затрат на демонтаж $K_{дем}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{дем} = C_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (22)$$

При подстановке исходных значений в формулу (22) расходы на демонтаж оборудования составили: $P_{дем} = 150000 \cdot 0,05 = 7500$ руб.

Расходы на монтаж $P_{монт}$ определяются исходя из стоимости оборудования по проектному варианту с учётом коэффициента затрат на монтаж $K_{монт}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$P_{монт} = C_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (23)$$

При подстановке исходных значений в формулу (23) расходы на монтаж оборудования составили: $P_{монт} = 500000 \cdot 0,05 = 25000$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (21) сопутствующие расходы составили: $K_{соп} = 7500 + 25000 = 32500$ руб.

При подстановке исходных значений в формулу (19) общие капитальные затраты при реализации проектной технологии составили:
 $K_{\text{общ.пр.}} = 147000 + 32500 = 179500$ руб.

Дополнительные капитальные затраты при внедрении проектной технологии рассчитываются с учётом общих капитальных затрат при проектном варианте $K_{\text{общ.пр.}}$ и общих капитальных затрат при базовом варианте $K_{\text{общ.б.}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (24) дополнительные капитальные вложения составят: $K_{\text{доп}} = 179500 - 48735 = 130765$ руб.

Размер удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ при построении технологии по базовому и проектному вариантам рассчитываются исходя из годовой программы $\Pi_{\text{г}}$ и общих капитальных вложений. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (25) удельные капитальные вложения по базовому варианту: $K_{\text{уд}} = 48735/150 = 325$ руб./ед. Удельные капитальные вложения по проектному варианту составляют: $K_{\text{уд}} = 179500/150 = 1197$ руб./ед.

4.6 Показатели экономической эффективности проектного варианта технологии

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям:

- снижение трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$;
- повышение производительности труда $\Pi_{\text{т}}$;

- снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$;
- условно-годовая экономия $\Pi_{\text{ож}}$;
- срок окупаемости капитальных вложений $T_{\text{ок}}$;
- годовой экономический эффект \mathcal{E}_r .

За счёт совершенствования технологического процесса получено снижение трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$, которое рассчитывается по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по базовому варианту $t_{\text{шт.б}}$ и по штучному времени в случае выполнения производственного процесса по проектному варианту $t_{\text{шт.пр}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (26) снижение трудоёмкости составило: $\Delta t_{\text{шт}} = (8-4) \cdot 100 \% / 8 = 50 \%$.

Расчёт повышения производительности труда Π_T выполняется с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (27) повышение производительности труда составило: $\Pi_T = 100 \cdot 50 / (100 - 50) = 100 \%$.

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ выполняем с учётом ранее определённых технологической себестоимости по базовому варианту технологии $C_{\text{тех.б}}$ и технологической себестоимости по проектному варианту технологии $C_{\text{тех.пр}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (28) снижение технологической себестоимости при внедрении предлагаемых технических решений составило: $\Delta C_{\text{тех}} = (4770 - 2891) \cdot 100\% / 4770 = 40 \%$.

Расчёт условно-годовой экономии $\Pi_{\text{ож}}$ выполним с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$, заводской себестоимости по проектному варианту $C_{\text{зав.пр}}$ и заводской себестоимости по базовому варианту $C_{\text{зав.б}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (29) условно-годовая экономия составила: $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (10748 - 5877) \cdot 150 = 730650$ руб.

При расчёте срока окупаемости дополнительных капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ учитывается размер дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ и величина условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

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

При подстановке исходных значений в формулу (30) срок окупаемости дополнительных капитальных вложений составил: $T_{\text{ок}} = 130765 / 730650 = 0,2$ года.

Расчёт годового экономического эффекта $\mathcal{E}_{\text{г}}$ при внедрении предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений выполняется с учётом рассчитанных ранее условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, дополнительных капитальных затрат $K_{\text{доп}}$ и коэффициента эффективности капитальных вложений $E_{\text{н}}$. При расчётах воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

При подстановке исходных значений в формулу (31) годовая экономия составила: $\mathcal{E}_{\text{г}} = 730650 - 0,33 \cdot 130765 = 687498$ руб.

Таким образом, проектная технология показывает свою эффективность по всем показателям и может быть рекомендована к внедрению.

Выводы по экономическому разделу

В ходе выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы рассмотрены варианты построения производственного процесса с применением базовой технологии и с применением проектной технологии.

Для проектной и базовой технологии были рассчитаны основные экономические показатели (штучное время; технологическая, цеховая и заводская себестоимость, капитальные вложения).

Оценку экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту выполняем по таким показателям, как снижение трудоёмкости, повышение производительности труда, снижение технологической себестоимости, условно-годовая экономия, срок окупаемости капитальных вложений, годовой экономический эффект.

Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 50 % и увеличить производительность на 100 %.

Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 40 %. При этом условно-годовая экономия составила 0,731 млн. рублей.

Дополнительные капитальные вложения окупятся за 0,2 года. При этом годовой экономический эффект составит 0,687 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует признать эффективность построения производственного процесса по проектной технологии. Представленные в выпускной квалификационной работе технические решения могут быть рекомендованы к внедрению на предприятиях Российской Федерации.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности изготовления ограждений за счёт применения средств автоматизации и механизации сварочных и вспомогательных операций.

На основании проведённого ранее анализа состояния вопроса и источников научно-технической информации в первом разделе выпускной квалификационной работы были сформулированы её задачи.

Первой задачей является выполнить анализ преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки и выполнить выбор с учётом выставленных экспертных оценок для случая сварки элементов ограждения.

Второй задачей является повысить эффективности выбранного способа сварки на основании современных исследований в области управления сварочной дугой.

Третьей задачей является назначить оптимальные параметры режима сварки и построить карту технологического процесса сварки элементов ограждения, провести выбор сварочного оборудования и материалов.

Решая первую задачу, выполнена экспертная оценка альтернативных способов сварки. На основании этой оценки по результатам рассмотрения преимуществ и недостатков для построения проектной технологии изготовления элементов ограждения предложено использовать механизированную сварку в защитных газах.

Решая вторую задачу, для повышения эффективности сварки на основании анализа источников научно-технической информации предложено использовать разработку отечественных авторов для импульсного управления сварочной дугой.

Решая третью задачу, для осуществления проектной технологии предложено соответствующее оборудование, назначены параметры режима и сварочные материалы.

После решения задач в исполнительском разделе выпускной квалификационной работы предстоит выполнение оценочного блока.

Первой задачей оценочного блока является оценка предлагаемых технологических решений на предмет экологической безопасности и охраны труда.

Второй задачей оценочного блока является проведение экономических расчётов по затратам на осуществление базовой и проектной технологий, на основании которых предстояло сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

Решая первую задачу оценочного блока выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности. Предложены мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду.

Решая вторую задачу оценочного блока выполнена оценка экономической эффективности проектной технологии по сравнению с построением производственного процесса по базовому варианту. Предлагаемые технологические решения позволяют уменьшить трудоёмкость выполнения работ на 50 % и увеличить производительность на 100 %. Уменьшение расходов по статьям позволило снизить технологическую себестоимость на 40 %. При этом годовой экономический эффект составит 0,687 млн. рублей.

На основании вышеизложенного следует признать поставленную цель достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы могут быть рекомендованы к внедрению на предприятиях Российской Федерации, занятых изготовлением ограждающих металлических конструкций.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство № 1310140 СССР, МКИ В23К9/09. Способ дуговой сварки с короткими замыканиями дугового промежутка и устройство для его осуществления / Заруба И. И., Сараев Ю. Н. Князьков А. Ф., Тимошенко А. К. – № 4017219/31-27, заяв. 16.12.85; опубл. 15.05.87, Бюл. № 18. 5 с.
2. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
3. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
4. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
5. Воропай Н. М. Параметры режимов и технологические возможности дуговой сварки с импульсной подачей электродной и присадочной проволоки // Автоматическая сварка. 1996, № 10. С. 3–9.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Горшкова О.О. Новые технологии в сварочном производстве // Современные наукоёмкие технологии. 2021. № 2. С. 14–18.
8. Дятлова, В. Н. Коррозионная стойкость металлов и сплавов. М. : Машиностроение, 1964. 351 с.
9. Жерносеков А. М., Андреев В. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) // Автоматическая сварка. 2007. № 10. С. 48-52.
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. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
12. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
13. Лебедев В. А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями // Автоматическая сварка. 2007. № 4. С. 19–22.
14. Ленчик И.В., Родионова И.Н., Горохов А.А. Проблемы и перспективы развития сварочного производства в России // Современные материалы, техника и технологии. 2016. № 1. С. 134–138.
15. Лукин М.А. Научно-технический уровень сварочного производства в современной России // Сварочное производство. 2015. № 12. С. 31–36.
16. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.
17. Поволоцкий Д. Я. Основы технологии производства стали. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2000. 189 с.
18. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. 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 // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallургия. 2012. № 39. С. 67–70.

21. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А. И. Акулова, 1979. – 462 с.

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

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

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

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

26. Шлепаков В. Н., Котельчук А. С., Науменко С. М. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2005. № 6. С. 18–22.

27. Юшин, А.А. Разработка критериев оценки сварочных свойств установок для дуговой сварки с управляемым каплепереносом: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва: МГТУ им. Н.Э Баумана. 2012.