

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 каркаса сидений легкового автомобиля

Обучающийся

С.А. Правдин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Автомобилестроение является массовым производством, которое становится основным потребителем нововведений в сварочные технологии и аппаратную часть. При этом значительное количество деталей автомобиля продолжают изготавливаться с применением ручных и механизированных способов сварки.

Цель настоящей выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении каркаса сиденья легкового автомобиля.

Недостатками базовой технологии является высокая утомляемость сварщика, низкая стабильность качества и низкая производительность работ. В ходе анализа альтернативных способов сварки принято решение предложить технические средства, расширяющие возможности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и позволяющие выполнить её роботизацию.

При выполнении оценочного раздела проведена идентификация опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации предлагаемых решений. На основании действующей нормативной документации по вопросу обеспечения промышленной безопасности предложены мероприятия по устранению негативных производственных факторов. Также в оценочном разделе проведены расчёты по обоснованию экономической эффективности предлагаемых решений, которая согласно расчётам составила 9,63 млн. рублей в год с учётом капитальных вложений.

В заключении обосновано достижение поставленной цели и результаты выпускной квалификационной работы рекомендованы к внедрению на промышленных предприятиях страны.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварки каркаса сидений автомобилей.	7
1.1 Описание изделия и условия его работы	7
1.2 Сведения о материале для изготовления элементов каркаса сиденья.	10
1.3 Особенности базового технологического процесса сборки и сварки.	10
1.4 Анализ альтернативных способов сварки	13
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	16
2 Проектная технология сборки и сварки каркаса сиденья автомобиля. .	18
2.1 Расширение технологических возможностей сварки в защитном газе.	18
2.2 Предлагаемый способ импульсного управления сварочной дугой. .	23
2.3 Выбор параметров режима сварки.	27
2.4 Роботизация операций дуговой сварки.	30
3 Экологическое обоснование выпускной квалификационной работы. . .	33
3.1 Описание рассматриваемого технического объекта.	33
3.2 Идентификация негативных производственных факторов.	35
3.3 Снижение профессиональных рисков.	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.	38
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности.	41
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	43
4.1 Исходная информация для выполнения экономического обоснования.	43
4.2 Расчёт фонда времени.	45
4.3 Штучное время по базовому и проектному вариантам технологии.	46
4.4 Технологическая, цеховая и заводская себестоимости по	

вариантам технологии.	48
4.5 Расчёт капитальных затрат по проектной и базовой технологии. . .	52
4.6 Показатели эффективности предлагаемых решений.	54
Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников.	58

Введение

Как показывает статистика по сварочному производству [17], [18], в мире наблюдается неуклонный рост по производству и потреблению сварочных материалов и сварочных технологий. К началу 21-го века объем рынка сварочных технологий и материалов составил 40 млрд. долларов, при этом приблизительно 30 % приходится на сварочное оборудование, а 70 % приходится на сварочные материалы. При этом основную долю составляют технологии и материалы для обеспечения дуговых способов сварки.

В настоящее время не решены основные проблемы, ограничивающие применение дуговых способов [3], [9], [20]. Одной из таких проблем, решение которой требует проведения глубоких теоретических и практических исследований, является изучение взаимосвязи между интенсивностью вложения тепла в сварное соединение и величиной силового воздействия на металл сварочной ванны. От успешного решения этой проблемы зависит способность сварочных технологий подавлять образование выплесков металла и различных дефектов сварного шва [11]. Особенно остро проблема разбрызгивания стоит при построении технологии сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения, что не позволяет перейти на форсированные режимы сварки и в полной мере применить автоматизацию и роботизацию сварочных процессов [16].

Автомобилестроение является массовым производством, которое становится основным потребителем нововведений в сварочные технологии и аппаратную часть. При этом значительное количество деталей автомобиля продолжают изготавливаться с применением ручных и механизированных способов сварки. Автоматизация и роботизация сварочного производства в этом случае должна проводиться с применением современных технологий, позволяющих повысить эффективность сварочных технологий.

Одной из деталей, которая требует повышения производительности и качества сварки за счёт применения современных средств автоматизации,

является каркас сиденья легкового автомобиля. В базовом варианте сварка выполняется с применением механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения [6].

В настоящее время сохраняется актуальность внедрения в производство устройств автоматического управления сварочным процессом. При этом расширение технологических возможностей сварки может быть выполнено путём импульсного управления подачей сварочной проволоки, импульсного управления электрическими параметрами сварки, импульсной подачи защитного газа [4], [22]. Особенно интенсивное развитие направление, предусматривающее импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги, получило во второй половине прошлого века, когда в производство поступили полупроводниковые элементы для изготовления источников питания и микропроцессоры для построения систем управления.

Роботизация сварочного производства также значительно ускорилась именно во второй половине прошлого века, когда в производство поступили новые промышленные роботы, имеющие современную систему управления и позволяющие обеспечить взаимосвязь в пределах всего производства.

Таким образом, на основании вышеизложенного следует признать актуальность цели настоящей выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении каркаса сиденья легкового автомобиля.

Достижение поставленной цели предлагается вести в двух направлениях. Первое направление предусматривает применение современных способов управления сварочной дугой, обеспечивающих расширение технологических возможностей и пространственное положение сварочной дуги. Второе направление предусматривает роботизацию сварочного производства за счёт применения современных средств промышленной робототехники [5], [8].

1 Современное состояние сварки каркаса сидений автомобилей

1.1 Описание изделия и условия его работы

На рисунке 1 представлено основание подушки переднего сиденья, которое выполнено из листовых заготовок толщиной 2 мм с применением контактной точечной и механизированной дуговой сварки. Требования к соединениям, полученным с применением контактной точечной сварки, представлены на рисунке 2. В таблице 1 представлены параметры сварных швов, обозначенных на рисунке 1 позициями 1-1...1-8 и позициями 2-1...2-3.

Таблица 1 – Параметры сварных швов, полученных с применением механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

Обозначение шва на рисунке 1	Длина сварного шва	Требования к сварному шву
1-1	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
1-2	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
1-3	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
1-4	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
1-5	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
1-6	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
1-7	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
1-8	20 мм	ГОСТ 14771-76-T1-УП-Δ2
2-1	20 мм	ГОСТ 14771-76-H1-УП-Δ2
2-2	19 мм	ГОСТ 14771-76-H1-УП-Δ2
2-3	19 мм	ГОСТ 14771-76-H1-УП-Δ2

Заготовки для изготовления элементов каркаса сиденья автомобиля могут поставляться как из-за рубежа, так и со смежных производств, выполняющих работы по резке и штамповке листового материала. На самом предприятии происходит сварка каркаса сиденья, его обивка и набивка. Назначение сиденья автомобиля – обеспечить защиту спины водителя и пассажира от получения травм, также за счёт применения подголовников

обеспечивается защита шеи и позвоночника. Сиденье автомобиля снабжено специальными энергопоглощающими пружинами.

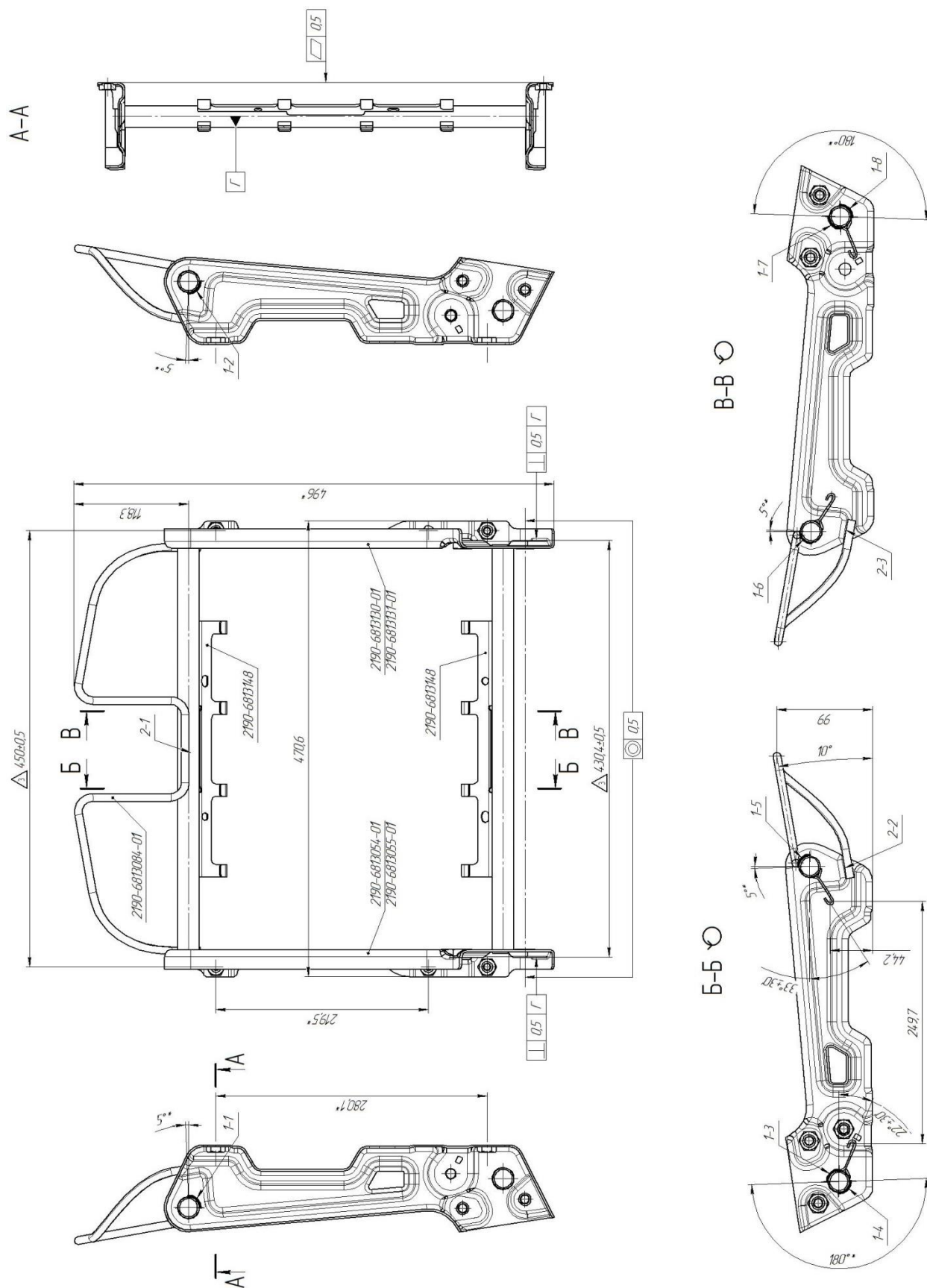


Рисунок 1 – Основание подушки переднего сиденья автомобиля

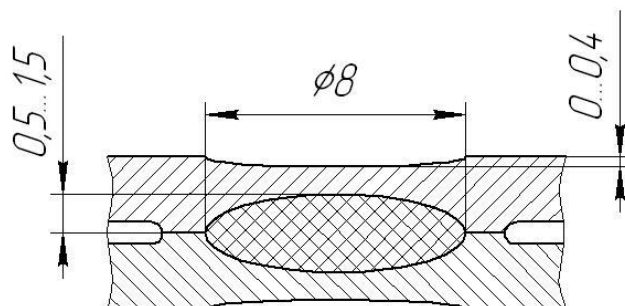


Рисунок 2 - Геометрические размеры сварной точки по ГОСТ 15878-79 для деталей 2+2 мм

Конструкция сиденья не должна становиться причиной возбуждения колебаний частотой более 3 Гц. Собственные колебания сиденья автомобиля должны иметь значительное отличие от собственных колебаний тела человека, которые принимаются равными порядка 4...6 Гц. Также собственные колебания сидений автомобиля должны отличаться от частоты собственных колебаний автомобиля, которая составляет 1..2 Гц. Исходя из этого конструкция сидений проектируется исходя из собственных колебаний сиденья автомобиля порядка 3 Гц. Сиденье должно иметь конструктивную мягкость и сглаженные формы, что позволяет эффективно гасить ударную энергию. За счёт проведения экспериментальных исследований достигнуто оптимальное согласование между характеристиками упругих элементов сиденья.

Современное сиденье автомобиля представляет собой сложную конструкцию, в которую входят элементы металлического каркаса, обивку и наполнитель. Конструкция каркаса сиденья должна позволять размещать на нем дополнительные элементы по настройке положения, регулируемые при помощи механического или электрического привода. Также конструкция сиденья предусматривает размещение в нем обогревающего элемента. Конструкция каркаса сиденья также должна предусматривать возможность его вентиляции. Энергопоглощающие пружины устанавливаются и крепятся непосредственно к элементам металлического каркаса сиденья.

1.2 Сведения о материале для изготовления элементов каркаса сиденья

Элементы каркаса сиденья изготавливаются из стали St 37.2, аналогом которой может считаться российская сталь 08пс. Содержание химических элементов в стали представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали St 37.2

C	Mn	Si	S	P
0,05...0,11	0,25...0,5	0,03	0,04	0,035

Сталь St 37.2 относится к категории легко свариваемых, при изготовлении металлических конструкций из этой стали с применением любых способов сварки проблем металлургического характера возникать не должно при условии адекватности назначаемых параметров режима сварки.

Однако при изготовлении листовых заготовок с применением операции штамповки «возможно неравномерное распределение серы и фосфора по толщине прокатываемого листа. Также рассматриваемая сталь имеет склонность к старению и уменьшению стойкости по отношению к хрупким разрушениям» [18]. Сталь St 37.2 обладает хорошей штампуемостью и получила широкое распространение при изготовлении элементов кузова автомобиля и элементов салона.

1.3 Особенности базового технологического процесса сборки и сварки

При изготовлении элементов каркаса сиденья автомобиля выполняется ряд технологических операций, особенности которых будут рассмотрены ниже. Первой операцией является подготовка поверхности деталей после штамповки. Выполняется промывка деталей нагретым до температуры 90 °С

1...1,5 % раствором кальцинированной соды. После промывки выполняется сушка деталей потоком сжатого воздуха.

Для приварки крепежных элементов к поверхности заготовок применяется контактная рельефная сварка, которая выполняется на машине МТ-1621, представленной на рисунке 3-а. После того, как в зазор между сварочными электродами ввели свариваемые детали, выполняют нажатие на педаль пуска, которое запускает автоматическую работу машины.

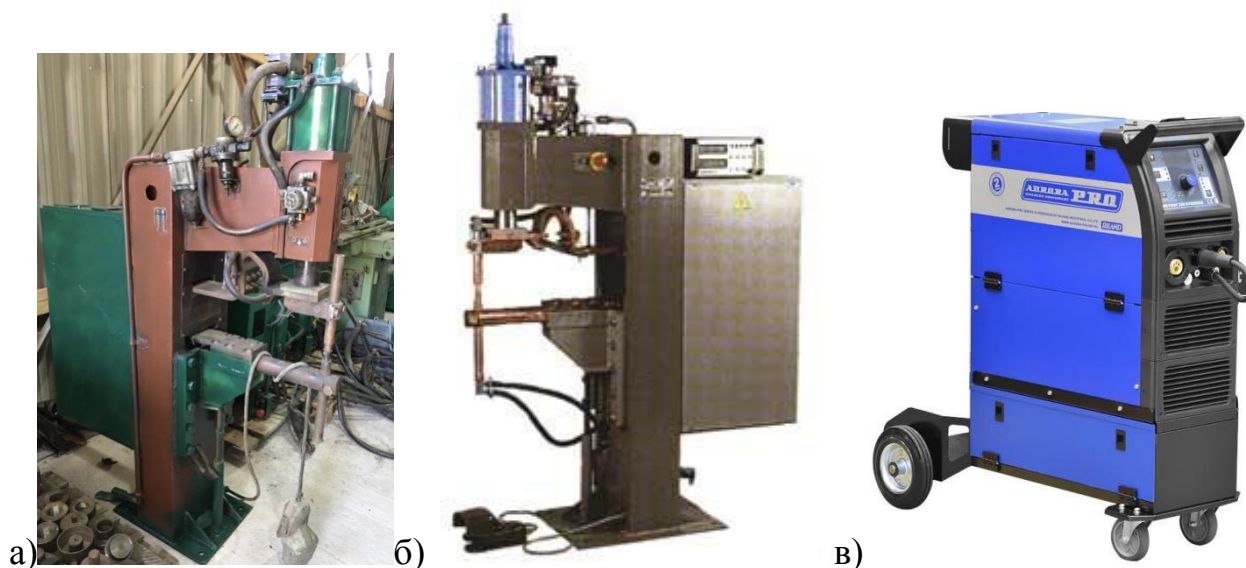


Рисунок 3 – Машина для контактной рельефной сварки крепежных элементов МТ-1621 (а) и контактной точечной сварки листовых элементов МТ-1928 (б), полуавтомат Aurora PRO Skyway-30 (в)

Для соединения элементов каркаса сиденья с применением контактной точечной сварки используется машина МТ-1928, которая представлена на рисунке 3-б. Эта машина с высоким быстродействием обеспечивает производительное выполнение сварных соединений в процессе прихватки и крепления элементов каркаса сиденья.

Дуговую сварку выполняют с применением полуавтомата Aurora PRO Skyway-30, который представлен на рисунке 3-в.

С точки зрения качества и возможности получения дефектов наибольшую опасность представляет дуговая сварка, в ходе которой возникает значительное количество дефектов. Одним из дефектов являются трещины, это очень опасный дефект, так как конструкция работает в

условиях действия переменных нагрузок, и при зарождении трещины возможно её развитие по телу изделия. В процессе внештатной ситуации конструкция каркаса сиденья с трещинами будет вести себя не так, как рассчитано, что может послужить причиной возникновения травм водителя и пассажира. Кроме того, нарушение целостности каркаса сиденья в процессе езды само по себе может стать причиной аварии, так как в этом случае нарушается управляемость автомобилем. Вероятность появления трещин в конструкции при сварке повышается из-за низкой текучести расплавленного металла при сварке в углекислом газе и высокой жесткости свариваемой конструкции.

Ещё одним дефектом, который возникает при сварке каркаса сиденья, является непровар, который возникает по причине незаполнения расплавленным металлом расчётного объема. Непровар следует признать опасным дефектом, так как он снижает прочность сварного шва и безопасность конструкции сиденья.

Ещё одним характерным дефектом является прожог, который возникает по причине нарушения техники сварки и режимов сварки, которые приводят к повышению погонной энергии сварочной дуги.

При сварке могут возникать такие дефекты, как кратеры, которые образуются при обрыве дуги. Незаваренный кратер становится концентратором напряжения, поэтому необходимо исправление такого дефекта подваркой.

При сварке возможно получение раковин и пор, причиной которых служит некачественная подготовка поверхности деталей под сварку и влажность защитного газа. Возникающие поры и раковины ослабляют сварной шов и становятся причиной разрушения при знакопеременных нагрузках. Особенно высокую опасность представляют цепочки пор и раковин, которые возникают по причине низкой квалификации сварщика и недостаточной культуры производства.

1.4 Анализ альтернативных способов сварки

При изготовлении рассматриваемой конструкции наиболее целесообразно применение следующих способов сварки: механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения, сварка порошковой проволокой и сварка неплавящимся электродом в инертном газе.

На рисунке 4 «представлена схема выполнения сварки неплавящимся электродом в инертном газе. Этот способ позволяет получить самое высокое качество соединений» [18] из рассматриваемых в настоящей выпускной квалификационной работе способов сварки. Следует отметить высокую культуру и чистоту производства, достигаемую при использовании этого способа. Кроме того, сварка неплавящимся электродом позволяет получить соединения с самым привлекательным внешним видом.

Недостатками способа является его высокая стоимость по сравнению с другими рассматриваемыми в настоящей работе способами. Также следует отметить низкую производительность способа. Ещё одним недостатком является повышенные требования к квалификации сварщика.

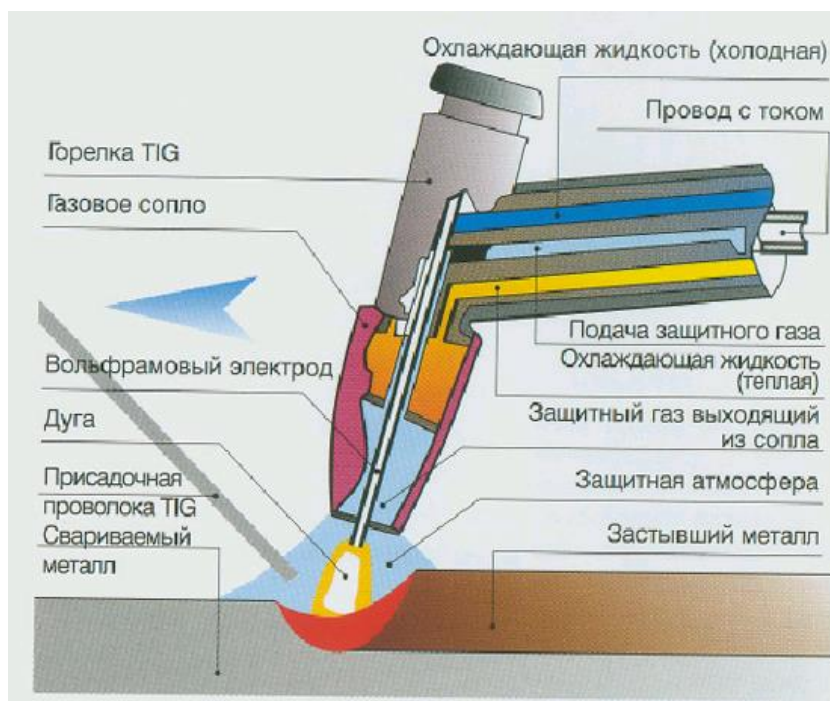


Рисунок 4 – Схема сварки неплавящимся электродом в инертном газе

Ещё одним альтернативным способом следует признать сварку порошковой проволокой, схема выполнения которой представлена на рисунке 5. Преимуществом применения порошковой проволоки является простота получения легирующих композиций по сравнению с изготовлением проволоки сплошного сечения аналогичного состава. Поэтому при изготовлении порошковой проволоки можно получить более эффективный состав сварного шва, обеспечивающих формирование заданных свойств соединения. Также при сварке порошковой проволокой, если выполняется сварка самозащитной проволокой, отпадает необходимость применения защитного газа, что позволяет упростить устройство сварочного поста и повысить мобильность сварщика.

Применение порошковой проволоки при сварке имеет ряд недостатков, ограничивающих её применение в промышленности.

Первым недостатком является повышенная мягкость проволоки, которая приводит к её застреванию в подающем механизме, что усложняет применение роботизированной сварки. Вторым недостатком является неравномерное плавление сердечника проволоки и оболочки проволоки, так как они имеют различную теплопроводность и электропроводность. В результате возникает опасность осыпания в сварочную ванну нерасплавленного сердечника проволоки, что становится причиной образования пор и включений. Третьим недостатком является излишняя текучесть расплавленного металла, в результате чего могут образовываться дефекты, особенно при выполнении корневого слоя шва. Кроме того, высокая текучесть расплавленного металла заставляет повышать требования к точности сборки деталей под сварку и величине зазора между ними.

Наиболее применимым, на наш взгляд, является «способ механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения, схема выполнения которого представлена на рисунке 6. При сварке в углекислом газе расплавленный металл обладает малой текучестью» [18], что позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях.

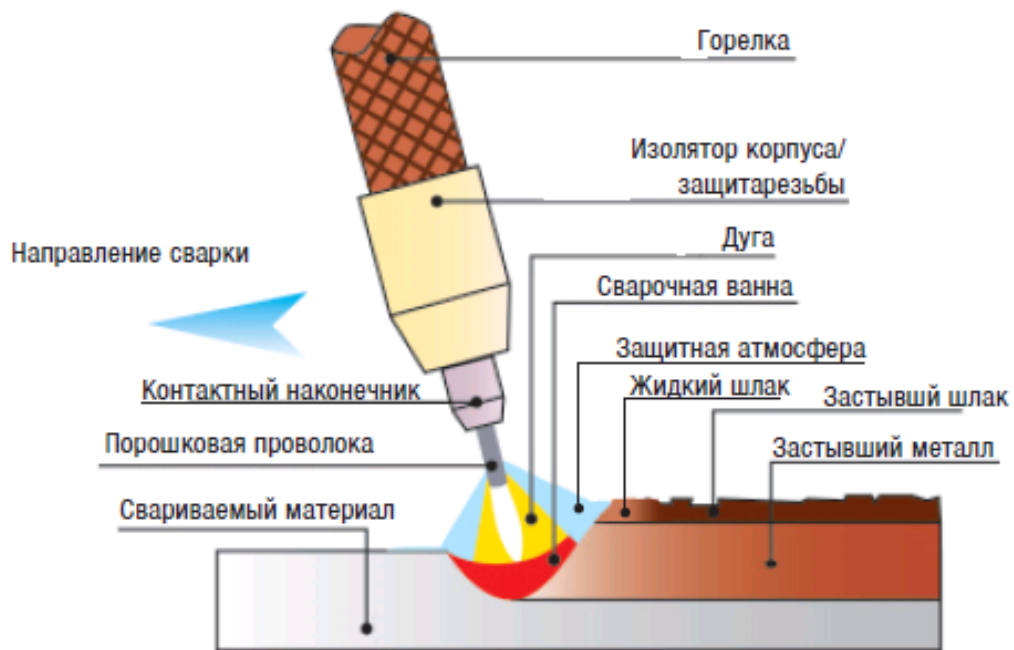


Рисунок 5 – Схема выполнения сварки порошковой проволокой

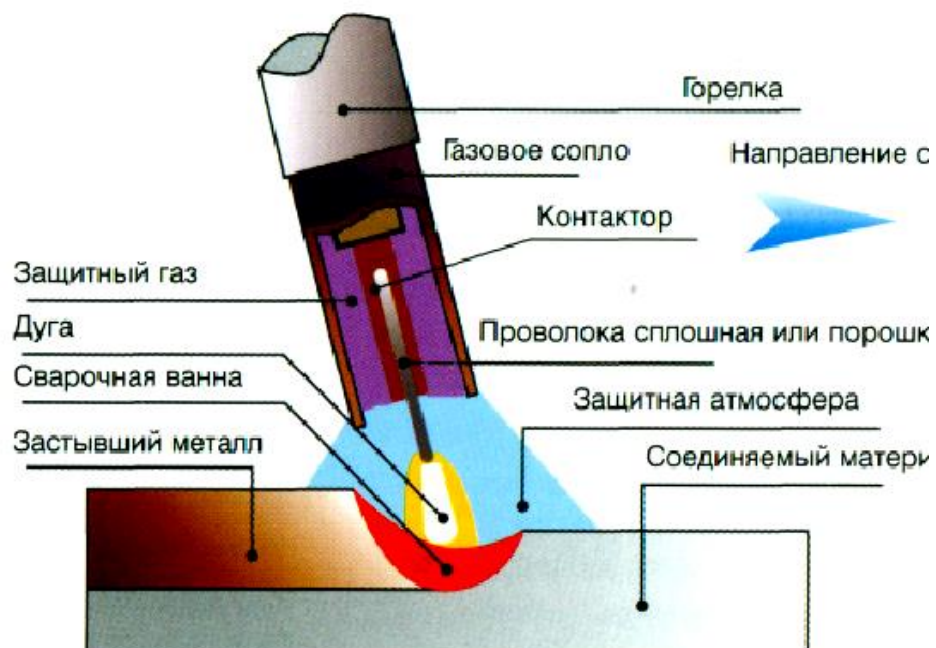


Рисунок 6 – Механизированная сварка в углекислом газе

Возможность сварки в различных пространственных положениях повышает мобильность способа и упрощает его роботизацию. Также при сварке в защитных газах нет необходимости удалять шлак с поверхности сварного шва, что улучшает внешний вид сварного соединения и также упрощает роботизацию сварки. Однако ряд трудностей, сопровождающих механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения,

ещё не устранены, и это усложняет её роботизацию. Первой трудностью является низкая текучесть расплавленного металла, которая становится причиной образования трещин и дефектов в корневом слое шва. Второй трудностью является повышенное разбрызгивание, которое наиболее интенсивно проявляется при переходе на форсированные режимы сварки. В результате становится затруднительным использование режимов с высокой производительностью.

На основании вышеизложенного следует сделать вывод, что при переходе на роботизированную сварку необходимо устранить описанные недостатки сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

На основании анализа конструкции каркаса сиденья принято решение о целесообразности автоматизации операций сборки и сварки. Базовая технология сварки предусматривает применение механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Недостатками базовой технологии является высокая утомляемость сварщика, низкая стабильность качества и низкая производительность работ.

В ходе анализа альтернативных способов сварки принято решение предложить технические средства, расширяющие возможности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и позволяющие выполнить её роботизацию.

На основании проведённого анализа состояния вопроса могут быть сформулированы задачи настоящей выпускной квалификационной работы, которые предстоит решать в ходе достижения поставленной цели.

Первой задачей является анализ источников научно-технической информации по вопросам расширения технологических возможностей сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. На основании изученных решений следует предложить способ, позволяющих снизить разбрызгивание,

повысить пространственную стабильность и качество сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.

Второй задачей является предложить средства роботизации сборки и сварки изделия, с использованием которых будет спроектирован роботизированный технологический комплекс.

Третьей задачей является составление карты технологического процесса сборки и сварки изделия. Необходимо составить перечень операций и для каждой операции назначить оборудование, параметры режима и технические условия на её выполнение.

В ходе работы над оценочным разделом предстоит выполнить оценку безопасности и экономичности предлагаемых решений.

Необходимо на основании особенностей выполнения операций проектного технологического процесса провести идентификацию возникающих негативных производственных факторов. Далее следует предложить технические средства и мероприятия по нейтрализации этих факторов. Следует рассмотреть вопрос обеспечения пожарной безопасности производства и снижения ущерба окружающей среде от негативных антропогенных факторов производства.

В экономическом разделе предстоит выполнить расчёт основных экономических показателей проектного и базового вариантов технологии. Далее на основании данных исполнительского раздела предстоит рассчитать капитальные затраты по проектному и базовому вариантам. Вывод о экономической эффективности следует делать на основании расчёта экономических показателей проектной технологии.

На основании аналитического, исполнительского и двух оценочных разделов настоящей квалификационной работы следует сформулировать пункты заключения, из которых должен следовать доказанный вывод о достижении поставленной цели и целесообразности внедрения предлагаемых решений в производство.

2 Проектная технология сборки и сварки каркаса сиденья автомобиля

2.1 Расширение технологических возможностей сварки в защитном газе

При сварке в защитном газе основной проблемой является низкая пространственная стабильность сварочной дуги и высокое разбрызгивание электродного металла. «Исследования процессов, протекающих в сварочной ванне, представлены в работах: Рыкалина Н.Н., Ерохина А.А., Прохорова Н.Н., Акулова А.И., Чернышова Г.Г., Рыбачука А.М., Руссо В.Л., Ерыгина В.И., Размышляева А.Д., Лескова Г.И., Березовского Б.М., Столбова В.И., Полоскова С.И., Букарова В.А., Гулакова С.В., Псараса Г.Г., Лапина И.Г. и др.» [10], [12].

Перспективным направлением работ по расширению технологических возможностей дуги, горящей в защитных газах, следует признать «импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги. Это позволяет позитивно влиять на характер переноса электродного металла и протекание металлургических процессов в сварном шве. Исследователями в области управления процессами плавления и переноса электродного металла в среде защитных газов Дюргеровым Н.Г., Ленивкиным В.А., Сагировым Х.Н., Патонем Б.Е., Зарубой И.И., Потапьевским А.Г., Шейко П.П., Болдыревым А.М., Князьковым А.Ф. и др. предложены различные способы импульсного воздействия на процесс сварки. Известно, что при сварке с периодически изменяющейся формой тока дуги можно получать управляемый перенос электродного металла в среде активных, инертных газов и их смесях, и появляется возможность управлять геометрическими параметрами шва и структурой кристаллизующегося металла» [20].

«Применение импульсных методов даёт возможность расширить технологические возможности дуги за счёт снижения потерь на

разбрызгивание и угар, повышения пространственной стабильности дуги при сварке в различных пространственных положениях, получить управляемый перенос электродного металла.

Качество сварного соединения и стабильность процесса сварки в значительной степени определяются характером переноса расплавленного электродного металла. Особенности процесса каплепереноса в зависимости от задаваемых параметров режима сварки достаточно полно изучены в работах отечественных и зарубежных исследователей» [15], [21]. Размер и частота перехода расплавленных электродных капель в сварочную ванну в значительной мере зависит от напряжения на дуге и силы сварочного тока, полярности и выбора защитного газа. На рисунке 7 представлены типы переноса электродного металла в зависимости от параметров сварки.

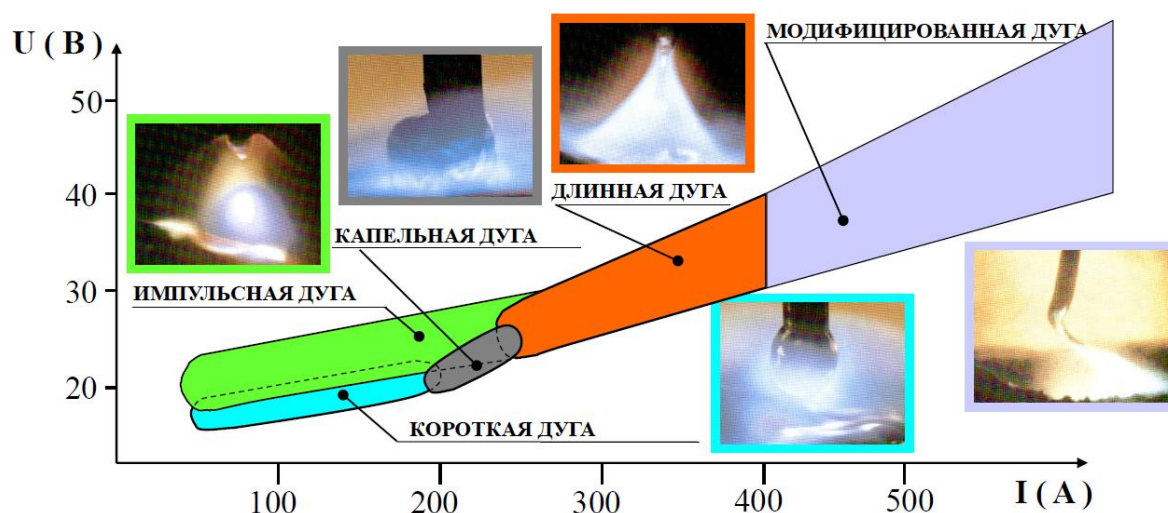


Рисунок 7 – Типы дуги при сварке плавящимся электродом в защитных газах

После того, как для современной промышленности были разработаны быстродействующие силовые транзисторы, появилась возможность управления переносом электродного металла и получение условия для формирования минимального разбрызгивания и оптимальных металлургических процессов в сварном соединении. На рисунке 8 представлен принцип формирования капли расплавленного металла при импульсной сварке. «На стадии дугового разряда образуется крупная капля сбоку от оси электрода, а ванна давлением дуги оттесняется из-под

электрода. В конце этой стадии предусмотрено снижение тока (пауза) на время $t_{\text{п}} = 3...4$ мс, при этом реактивное давление паров на каплю снижается, а сама капля приближается к ванне. В начале короткого замыкания в течение $t_{\text{к1}}$ около 1 мс ток резко снижают, что гарантирует слияние капли с ванной, затем напряжение источника восстанавливают, что приводит к нарастанию тока короткого замыкания в течение $t_{\text{к2}} = 2...4$ мс и перетеканию капли в ванну. В конце стадии короткого замыкания в течение $t_{\text{к3}} = 1$ мс ток снова снижают, что обеспечивает разрыв перемычки между каплями и электродом без газодинамического удара. Вслед за этим напряжение источника восстанавливают или даже кратковременно повышают для надежного повторного зажигания дуги. Такое управление переносом при сварке в углекислом газе позволяет существенно снизить разбрызгивание при высокой устойчивости процесса» [20].

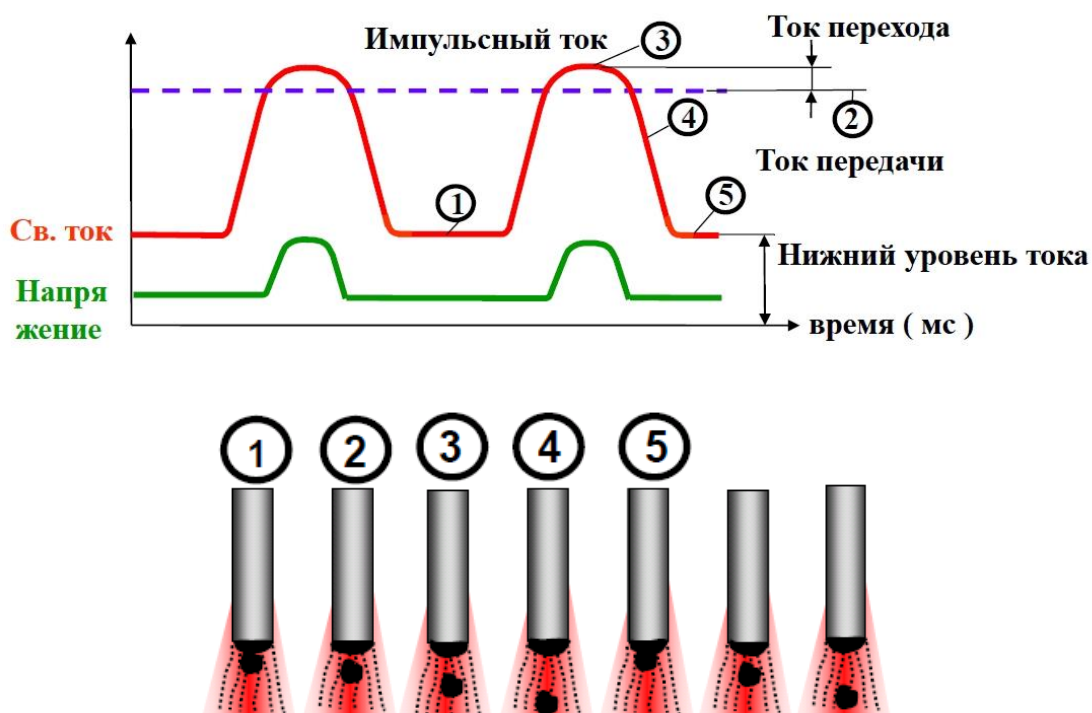


Рисунок 8– Принцип импульсной сварки

Применение импульсной сварки имеет ряд особенностей, которые выгодно отличают её от традиционной сварки стационарной дугой. Первой особенностью является нарастание тока в течение сварочного импульса до

значений длинной дуги. За один сварочный импульс происходит переход в сварочную ванну одной капли расплавленного металла. При этом следование импульсов происходит с заранее заданной частотой, которая составляет от 30 до 330 Гц, причём, частота следования импульсов зависит от скорости подачи сварочной проволоки. При горении дуги в течение нижнего тока происходит очистка свариваемых поверхностей. Горение дуги стабильно на всем цикле сварочного тока. На рисунке 9 представлены особенности горения электрической дуги при различных типах переноса электродного металла: сварка короткой дугой (рисунок 9-а), сварка импульсной дугой (рисунок 9-б), крупнокапельный перенос (рисунок 9-в), сварка длинной дугой (рисунок 9-г).

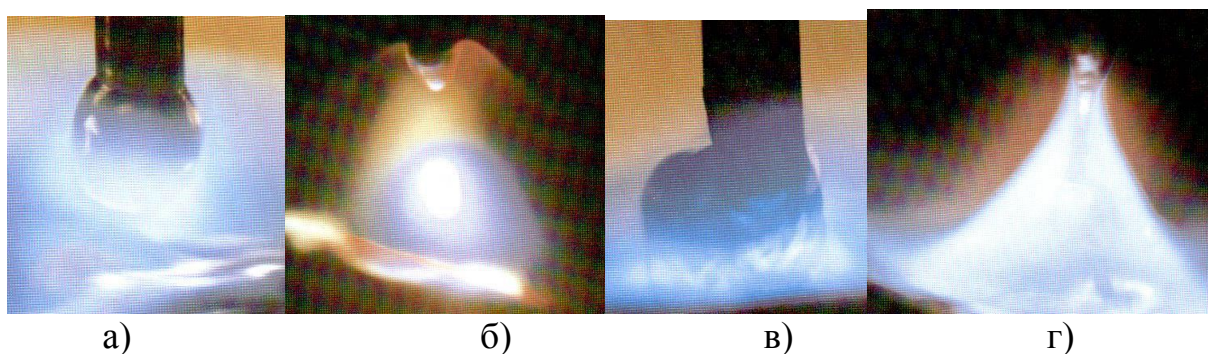


Рисунок 9 – Горение дуги при различных типах переноса электродного металла

Применение импульсной сварки существенно улучшает внешний вид сварных соединений. На рисунке 10-а представлены образцы, сваренные с применением традиционной стационарной дуги. На рисунке 10-б представлены образцы, сваренные с применением импульсной дуги. На рисунке 11 представлена осциллограмма импульсной сварки, на которой следует выделить характерные точки. Первая временная точка, обозначаемая как t_1 , соответствует концу паузы сварочного тока, когда в сварочной цепи протекает дежурный ток. В тот момент капля расплавленного металла занимает соосное положение с электродной проволокой. Вторая временная точка, которая обозначается как t_2 , соответствует началу включения тока

импульса. Третья временная точка обозначается как t_3 и соответствует переносу капли электродного металла, на осциллограмме напряжения эта точка фиксируется по всплеску напряжения. Четвёртая временная точка, которая обозначается как t_4 , соответствует окончанию протекания импульса тока, к этому моменту на электроде формируется новая капля расплавленного металла, которая под действием сил отходит на край сварочной проволоки. Пятая временная точка, обозначаемая как t_5 , соответствует протеканию тока дежурной дуги, в течение которого капля расплавленного металла принимает соосное с электродом положение [2].

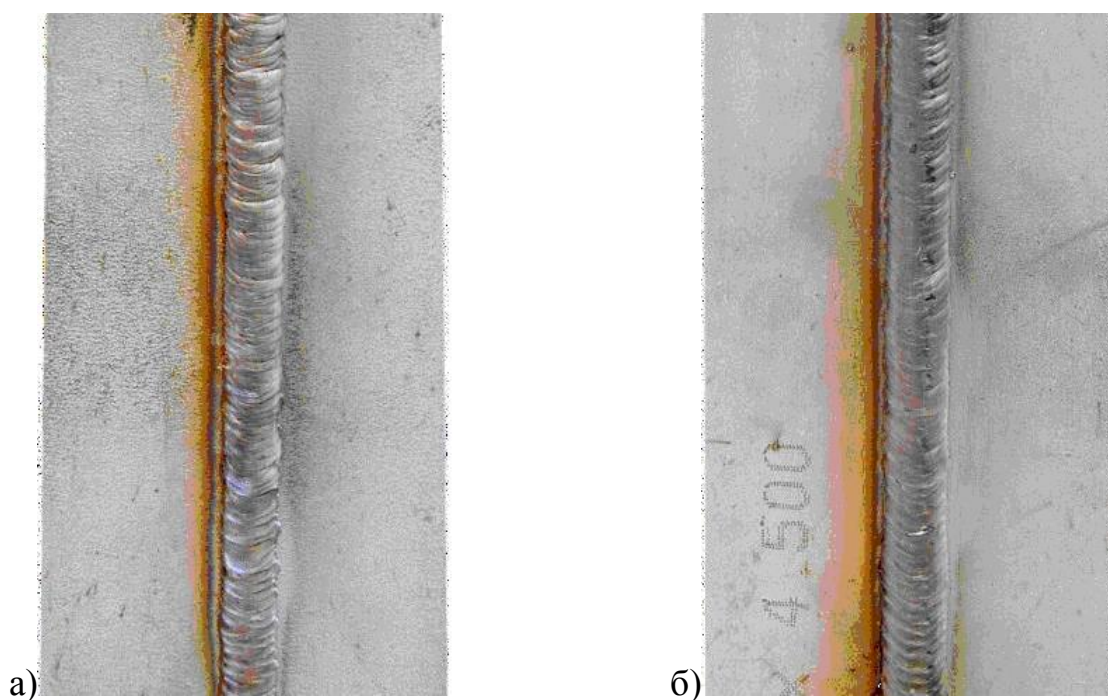


Рисунок 10 – Внешний вид образцов при использовании стационарной дуги (а) и импульсной дуги (б)

Представленная на рисунке 11 кинограмма процесса формирования капли расплавленного металла, совмещённая с осциллограммой сварочного тока и осциллограммой напряжения на дуге, позволяет судить о высокой стабильности каплепереноса при использовании импульсного управления сварочной дуги. Перенос металла проходит без разбрызгивания. Также следует отметить повышение тепловой мощности дуги, что положительно сказывается на производительности сварки.

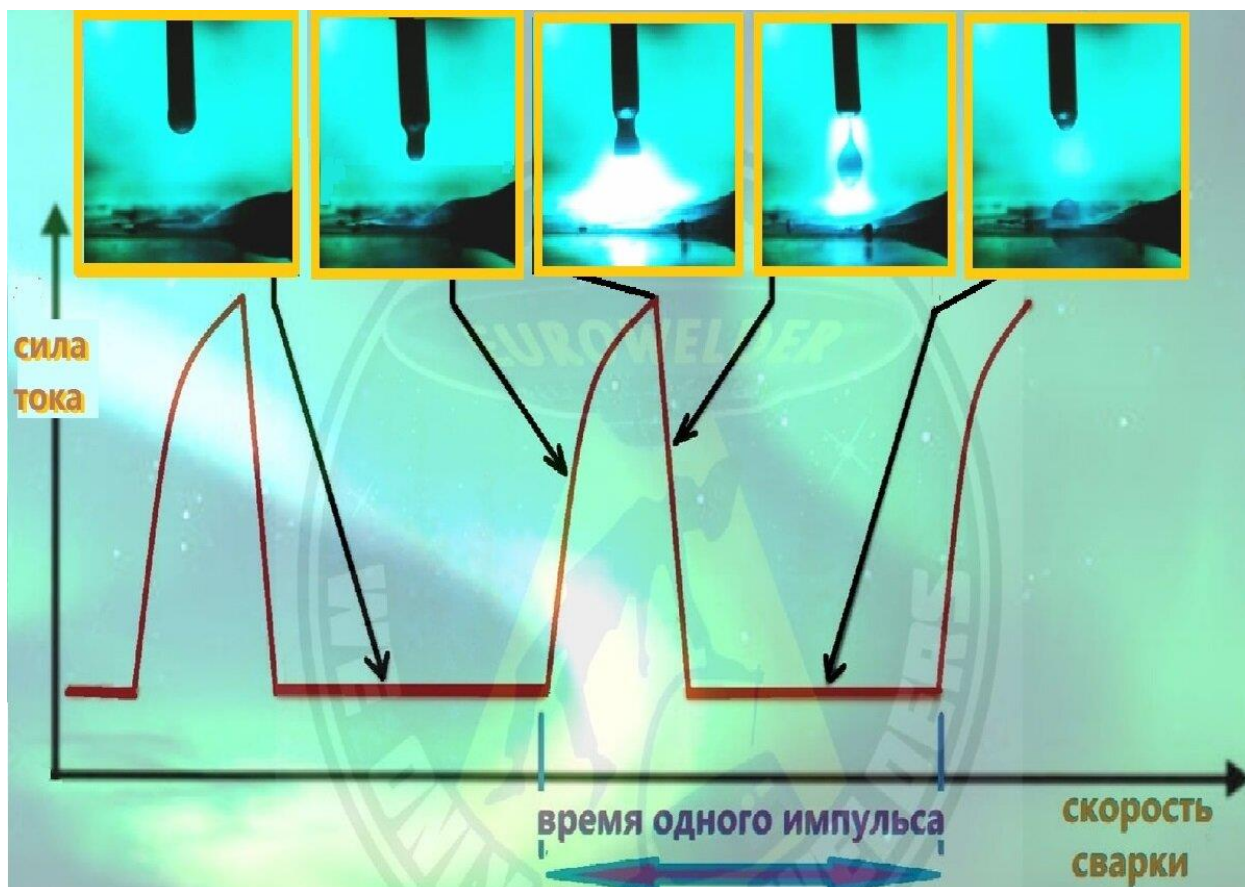


Рисунок 11 – «Совмещение осциллограмм сварки с кинокадрами процесса при импульсном управлении дугой» [2]

Таким образом, при сварке с импульсным управлением удаётся снизить размеры зоны термического влияния, значительно уменьшить разбрызгивание электродного металла. За счёт повышения стабильности горения дуги и формирования сварочной ванны снижается вероятность возникновения непроваров, пор и несплавлений. Также следует отметить улучшение качества формирования корневого слоя шва.

2.2 Предлагаемый способ импульсного управления сварочной дугой

В предыдущей части настоящей выпускной квалификационной работы выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки в защитных газах проволокой

сплошного сечения. Сделан ввод о высокой эффективности применения способов с импульсным управлением электрическими параметрами сварочной дуги.

Для расширения технологических возможностей способа сварки предлагается применить разработки отечественных исследователей в области импульсного управления сварочной дугой, осуществляющих трудовую деятельность в Томском политехническом университете [19]. На рисунке 12 представлена функциональная схема предлагаемого устройства. «В качестве источника постоянного тока, который обозначен на схеме позицией 1, может быть применен стандартный сварочный выпрямитель необходимой мощности. К положительному полюсу источника питания подключен коммутирующий дроссель 2, силовой тиристор 3, зашунтированные резистором 4, и сварочный дроссель 5, а общая точка соединения силового тиристора 3 и сварочного дросселя 5 подключена к отрицательному выводу источника 1 через цепочку из последовательно соединенных диодов 6 и 7, включенных в обратном направлении. К общей точке соединения диодов 6 и 7 подключена обкладка фильтрующего конденсатора 8, а другая обкладка - к положительному выводу источника 1. Параллельно коммутирующему дросселю 2 включены последовательно соединенные вспомогательный тиристор 9 и коммутирующий конденсатор 10. Последний соединен параллельно с цепью из зарядного дросселя 11, выполненного секционированным, зарядного тиристора 12 и перезарядного диода 13, и последовательно - с цепью из зарядного дросселя 11, первого зарядного тиристора 12 и блокирующего диода 14, катод которого подключен к отрицательному выводу источника 1. К одному из выводов секционированного зарядного дросселя 11 подключен анод дополнительного зарядного тиристора 15, а катод его соединен с катодом силового тиристора 3» [19].

Применение описанной выше функциональной схемы позволяет обеспечить три режима работы источника питания. Первый режим –

холостого хода, второй – режим дежурной дуги, третий – режим рабочей дуги. На рисунке 13 представлены получаемые при этом оциллограммы электрических сигналов.

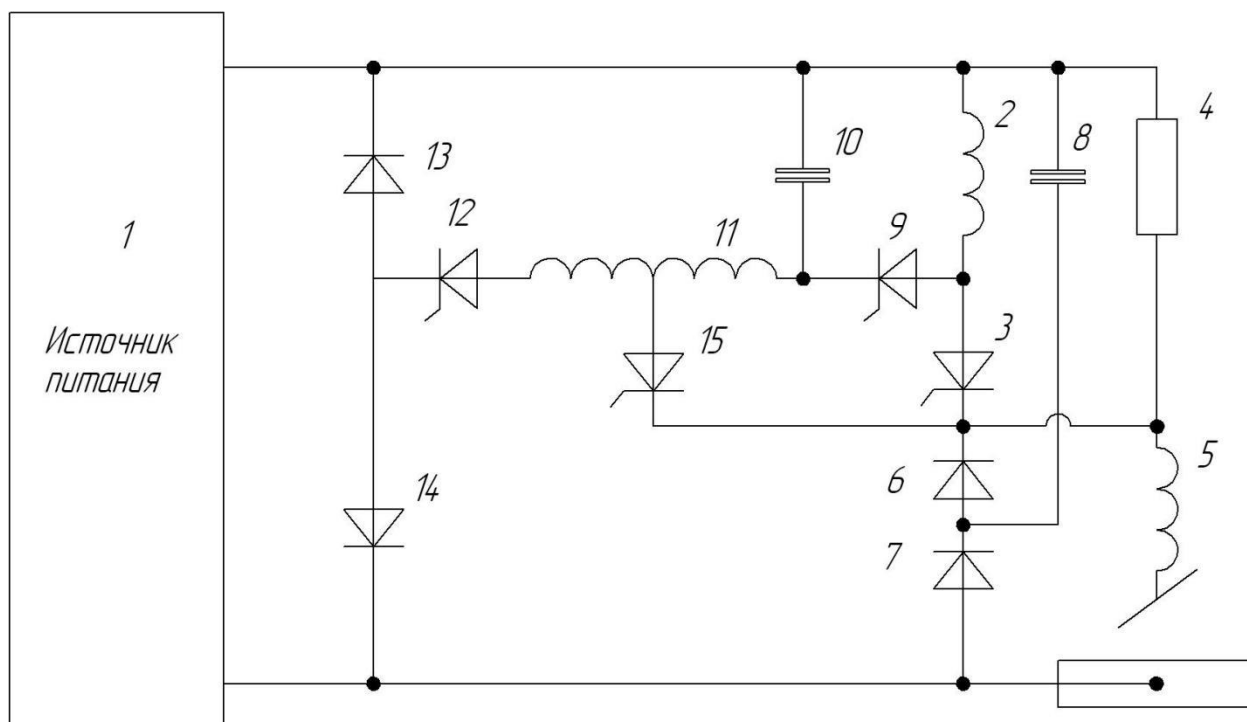


Рисунок 12 – Функциональная схема, обеспечивающая управляемое импульсное горение сварочной дуги

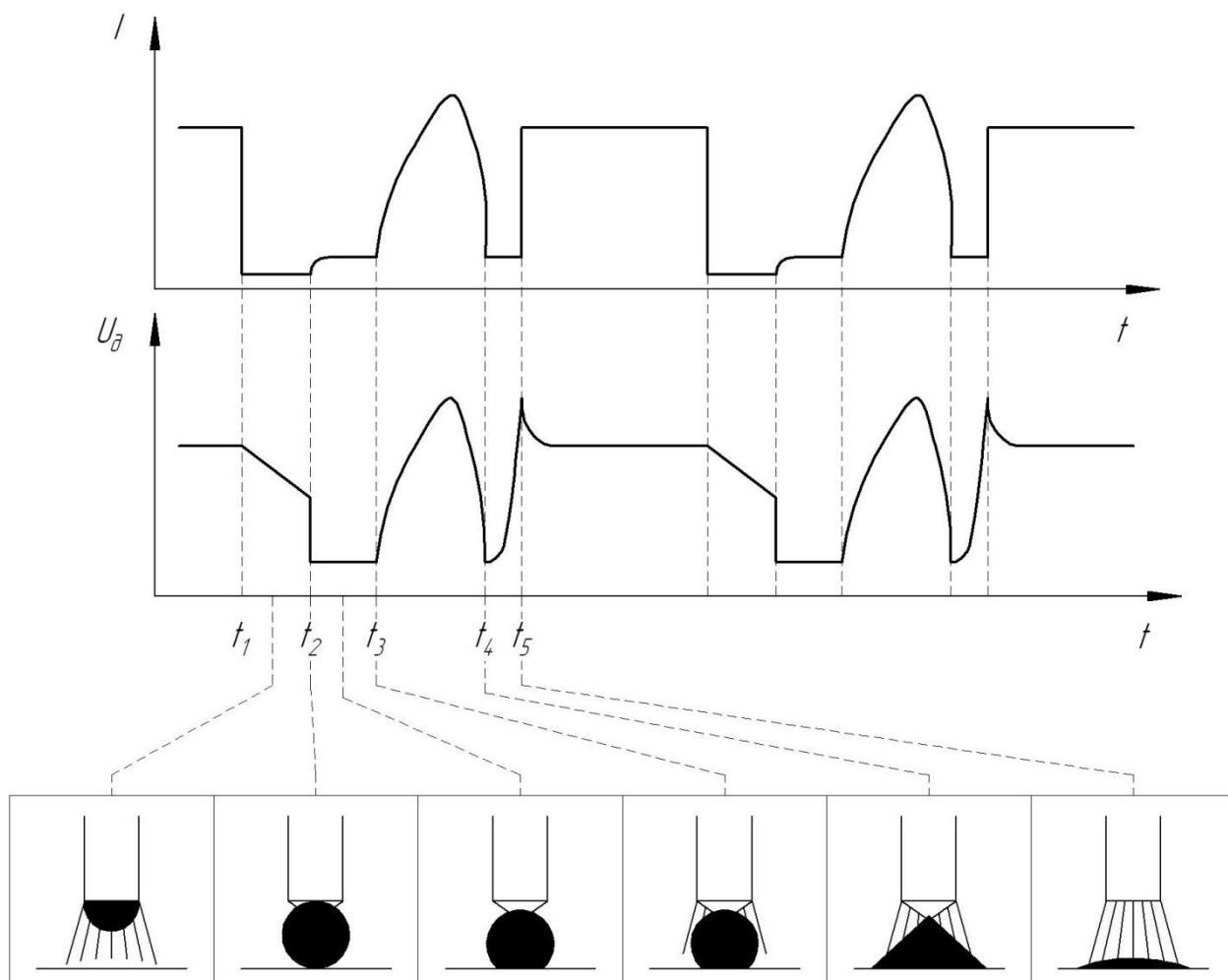


Рисунок 13 – Осциллограммы электрических сигналов при импульсном управлении горением сварочной дуги

На диаграмме тока и напряжения, представленной на рисунке 13, можно выделить пять характерных временных точек. Первая точка, обозначенная t_1 , соответствует моменту включения силового тиристора 3 и через вспомогательный тиристор 9, при этом происходит резкое снижение сварочного тока. Вторая точка, обозначенная на схеме как t_2 , соответствует моменту короткого замыкания, при этом ток сварки ограничивается резистором 4. Вследствие уменьшенного значения сварочного тока на каплю расплавленного металла действуют минимальные возмущающие усилия, благодаря чему обеспечивается гарантированное короткое замыкание и слияние капли расплавленного металла с металлом сварочной ванны. Интервал слияния капли расплавленного металла со сварочной ванной – t_2-t_3 .

В момент времени t_3 период сниженного тока заканчивается, и происходит включение дополнительного зарядного тиристора 15. При этом импульс зарядного тока в течение интервала времени t_3-t_4 вызывает действие на каплю расплавленного металла электродинамических сил, ускоряющих её переход в сварочную ванну. Четвертая временная точка, обозначенная как t_4 , соответствует окончанию протекания импульса зарядного тока, который должен оканчиваться раньше полного перехода капли расплавленного металла в сварочную ванну. На интервале времени t_4-t_5 происходит разрыв перемычки и окончание процесса перехода капли расплавленного металла в сварочную ванну, при этом ограничение тока происходит за счёт резистора 4. Пятая временная точка, обозначенная t_5 , соответствует окончанию короткого замыкания и включению силового тиристора 3. Далее сварочный цикл повторяется.

Предлагаемая разработка позволяет использовать в качестве источника сварочного тока стандартный сварочный выпрямитель необходимой мощности. При этом наблюдается существенное повышение пространственной стабильности дуги и качества сварного соединения, устраняется разбрызгивание электродного металла.

2.3 Выбор параметров режима сварки

«При выборе параметров режима сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения следует назначить:

- род сварочного тока,
- полярность и величину сварочного тока,
- диаметр сварочной проволоки,
- напряжение на дуге,
- скорость подачи сварочной проволоки,
- расход защитного газа» [20].

Поскольку при построении проектной технологии использовать сварку в среде защитного газа проволокой сплошного сечения, то сварку будем вести на постоянном токе обратной полярности. Применение тока прямой полярности затруднено по причине низкой стабильности горения дуги повышением опасности получения пор в металле сварного шва.

Поскольку при сварке содержание химических элементов в сварочной проволоке должно соответствовать составу основного металла, в качестве сварочной проволоки применим проволоку Св-08Г2С. В этой проволоке дополнительно содержатся элементы-раскислители (марганец 1,8...2,1 % и кремний 0,9...0,95 %), позволяющие снизить опасность получения пор в сварном шве.

Для рассматриваемых толщин с учётом применения импульсного управления сварочной дугой возможно использование проволоки диаметром 1,2 мм. Вылет сварочной проволоки определяется её диаметром и толщиной свариваемого металла. Для рассматриваемых условия сварки вылет сварочной проволоки следует принять равным 9...11 мм.

Выбор значения сварочного тока должен позволять получение надлежащего качества сварного соединения, максимальной производительности с учётом применения роботизированной сварки, снижение разбрызгивания электродного металла.

Для диаметра сварочной проволоки 1,2 мм предлагается назначить силу сварочного тока 180...220 А.

На рисунке 14 представлена диаграмма оптимальных значений напряжения на дуге, при которых в зависимости от заданного сварочного тока обеспечивается свободный перенос электродного металла при сварке в защитной смеси газов $Ar+CO_2$ [14]. Следует принимать во внимание, что назначение заниженного напряжения приводит к снижению производительности сварки, а чрезмерно высокие значения напряжения вызывают нарушение пространственной стабильности дуги и увеличение разбрызгивания электродного металла. Принимаем напряжение 18...22 В.

На рисунке 15 представлена диаграмма скорости подачи сварочной проволоки в зависимости от установленной силы сварочного тока. Исходя из требований выбора оптимальных значений, для роботизированной сварки принимается скорость подачи сварочной проволоки 350...450 м/ч.

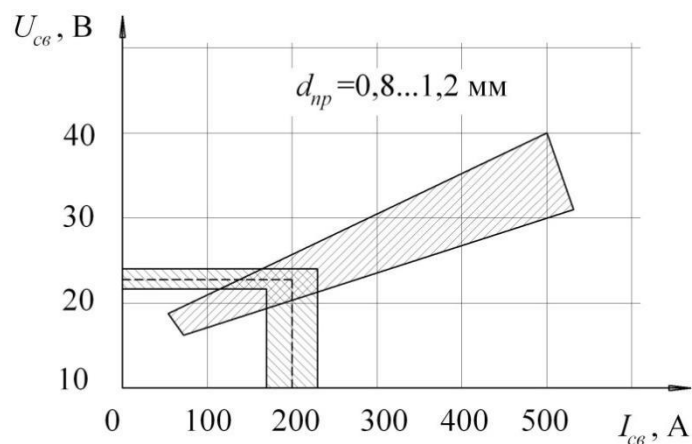


Рисунок 14 – Оптимальные значения напряжения на дуге при сварке в защитной смеси газов Ar+CO₂

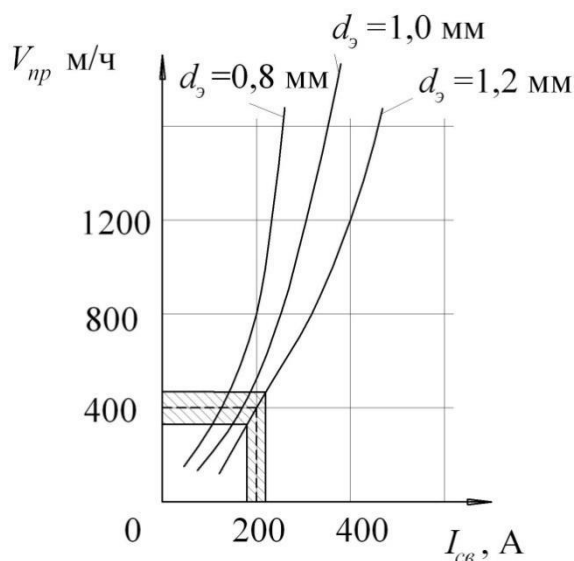


Рисунок 15 – Диаграмма значений скорости подачи проволоки в зависимости от силы сварочного тока

Таким образом, с учётом возможностей импульсного управления на основании литературных данных выбраны оптимальные параметры роботизированной сварки, обеспечивающие максимальную производительность при надлежащем качестве соединений.

2.4 Роботизация операций дуговой сварки

Для повышения производительности сварочных процессов с учётом предложенных выше мероприятий по повышению стабильности качества сварки предлагается применить роботизированную сварку. На рисунке 16 представлена функциональная схема роботизированного сварочного комплекса. В состав роботизированного комплекса входят сварочный робот, обозначенный на схеме позицией 6, который выполняет необходимые манипуляции со сварочной горелкой. Крепление заготовок перед сваркой выполняется оператором комплекса на оснастке поворотного стола, который обозначен на схеме позицией 9. Для размещения заготовок служит система контейнеров, которые обозначены на схеме позицией 10. Защита от несанкционированного проникновения на территорию роботизированного комплекса обеспечивается ограждением, которое обозначено на схеме позицией 7. Управление работой элементов роботизированного комплекса осуществляется от шкафа управления, который обозначен на схеме позицией 3. Питание сварочной дуги обеспечивается источником питания, обозначенным на схеме позицией 2. Удаление вредных аэрозолей, образование которых сопровождает процесс сварки, происходит посредством системы вытяжной вентиляции, которая показана на схеме позицией 1. Подача питания к сварочной горелке обеспечивается системой шлангов и кабелей, которая обозначена на схеме позицией 4. Для фиксирования системы шлангов и кабелей служит стойка, обозначенная на схеме позицией 5. Оснастка, на которую происходит закрепление деталей, обозначена на схеме позицией 8.

В качестве сварочного робота предлагается использовать разработку корейского концерна FANUC Robotics серии Arc Mat. Предлагаемый к использованию робот AM-120iB представлен на рисунке 17. Робот обладает шестью степенями свободы и позволяет выполнять перемещения с необходимой для сварки точностью, равной 0,08 мм.

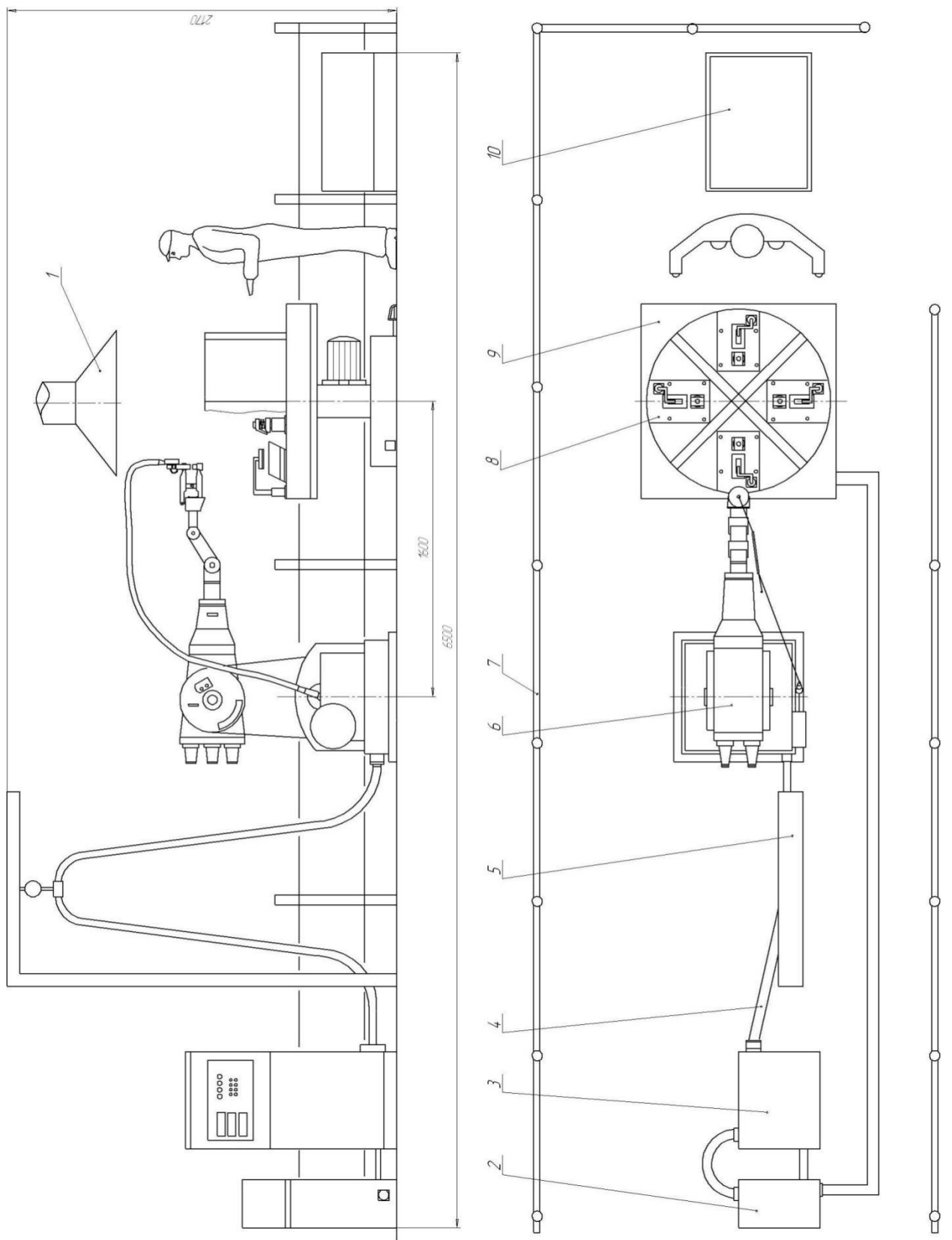


Рисунок 16 – Функциональная схема роботизированного сварочного комплекса



Рисунок 17 – Промышленный сварочный робот AM-120iB

«Применение роботизированной сварки позволяет существенно повысить производительность и качество выполняемых работ» [18]. Кроме того, предлагаемый роботизированный комплекс может быть использован для сварки типовых деталей, переход на изготовление других узлов потребует перепрограммирования и смены сварочной оснастки.

Выводы по второму разделу

В исполнительском разделе рассмотрены вопросы построения проектной технологии сборки и сварки. Предложено применить роботизированную сварку. На основании анализа источников научно-технической информации предложены средства для повышения эффективности сварки. Назначены оптимальные параметры режима сварки.

«В оценочном разделе предстоит выполнить оценку проектной технологии на предмет обеспечения безопасности труда и экологической безопасности» [1], [7]. Также предстоит выполнить расчёт экономической эффективности предлагаемых решений на основании сравнения экономических показателей проектной и базовой технологии [13], [14].

3 Экологическое обоснование выпускной квалификационной работы

3.1 Описание рассматриваемого технического объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных процессов при сборке и сварке каркасов сидений автомобилей. Проведенные в исполнительском разделе работы позволили обосновать выбор способа сварки, назначить параметры режима сварки, выбрать технологическое оборудование и предложить мероприятия по расширению технологических возможностей способа сварки.

При выполнении операций проектного технологического процесса возможно возникновение негативных производственных факторов, становящихся причиной возникновения рисков для персонала и окружающей среды. В настоящем разделе следует провести идентификацию опасных и вредных производственных и экологических факторов, на основании которой предложить технические средства и организационные мероприятия, позволяющие устранить их или снизить до приемлемого уровня.

В таблице 3 представлены особенности проектной технологии сварки, которая разбита на конкретные операции. Технологический процесс условно может быть разбит на пять укрупнённых операций. Первой операцией является проведение подготовительных работ, для выполнения которой предлагается задействовать помывочную камеру и сушильную камеру. Второй операцией является контактная рельефная сварка, которая выполняется на машине для контактной сварки МТ-1621. Третьей операцией является контактная точечная сварка, которая выполняется на машине МТ-1928. Четвертая операция заключается в роботизированной сварке. На пятой операции происходит контроль качества сваренной детали с применением средств визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Таблица 3 – Особенности выполнения операций проектного технологического процесса

Операция	Работник	Оборудование	Материалы
Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	камера помывочная, камера сушильная	сжатый воздух
Контактная рельефная сварка	Электросварщик	машина контактной сварки МТ-1621, регулятор контактной сварки, система подачи сжатого воздуха	сжатый воздух, техническая вода
Контактная точечная сварка	Электросварщик	машина контактной сварки МТ-1928, регулятор контактной сварки, система подачи сжатого воздуха	сжатый воздух, техническая вода
Роботизированная дуговая сварка	Электросварщик	робот, система управления, источник питания, система подачи газа, поворотный стол, сборочная оснастка	сжатый воздух, техническая вода, защитный газ, сварочная проволока
Контроль качества	Дефектоскопист	набор для визуального и измерительного контроля, видеосистема Welding Expert	масло

Данные таблицы 3 позволяют в дальнейшем выполнить идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии сборки и сварки элементов каркаса сиденья автомобиля. На основании проведённой идентификации негативных производственных факторов следует предложить технические средства и мероприятия, позволяющие нейтрализовать действие этих факторов.

Также предстоит предложить мероприятия по обеспечению пожарной и экологической безопасности рассматриваемого технологического объекта – участок для проведения сварки элементов каркаса сиденья автомобиля.

3.2 Идентификация негативных производственных факторов

Применяемое для выполнения операций проектного технологического процесса сварочное оборудование становится источником опасных и вредных производственных факторов, отдельное и совокупное действие которых может привести к травмам и профессиональным заболеваниям персонала предприятия. В таблице 4 представлены результаты идентификации негативных производственных факторов, сопровождающих предлагаемую в настоящей выпускной квалификационной работе сборку и сварку элементов каркаса сиденья автомобиля. При выполнении первой операции проектного технологического процесса, которой является подготовительная операция, следует отметить наличие трех негативных факторов: 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. При выполнении второй и третьей операции проектного технологического процесса, в ходе которой проходит контактная сварка, следует отметить наличие трех негативных производственных факторов: повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. При выполнении четвертой операции проектного технологического процесса негативными факторами являются поражение электрическим током, получение термических травм, инфракрасное и ультрафиолетовое излучение и загрязнение воздуха рабочей зоны. При выполнении пятой операции проектного технологического процесса негативными факторами являются вредное ультразвуковое излучение, которое возникает при проведении неразрушающего контроля качества выполненной сварки детали.

Таблица 4 – Идентификация негативных производственных факторов

Операция	Возникающий в ходе выполнения операции негативный фактор	Источник возникновения негативного фактора
Подготовительная операция	<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 	камера помывочная, камера сушильная
Контактная рельефная сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования 	машина контактной сварки МТ-1621, регулятор контактной сварки, система подачи сжатого воздуха
Контактная точечная сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования 	машина контактной сварки МТ-1928, регулятор контактной сварки, система подачи сжатого воздуха
Роботизированная дуговая 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 инфракрасной радиации 	робот, система управления, источник питания, система подачи газа, поворотный стол, сборочная оснастка
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	набор для визуального и измерительного контроля, Welding Expert

На основании проведённой идентификации негативных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию восстановительной наплавки рассматриваемой детали, предстоит предложить мероприятия по их устранению.

3.3 Снижение профессиональных рисков

В таблице 5 представлены технические средства и организационные мероприятия, которые позволят снизить профессиональные риски.

Таблица 5 – Средства и методики снижения профессиональных рисков

Негативный производственный фактор	Оборудование и мероприятия	Средства индивидуальной защиты
острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	инструктаж персонала перед допуском к работе; предупреждающая окраска, таблички; ограждение; информационные плакаты	специальная одежда, перчатки, защитные очки
«движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования» [7]	защитное отключение оборудования, ограждение, концевые выключатели на оборудовании, информационные плакаты, инструктаж персонала	специальная одежда, перчатки, защитные очки
повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	«устройства местного удаления загрязненного воздуха, общеобменная вентиляция» [7]	респиратор
повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	«организация и периодический контроль защитного заземления, контроль изоляции, установка устройств защитного отключения, инструктаж персонала, информационные плакаты» [7]	специальная одежда, резиновые коврики
повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	инструктаж персонала, таблички, ограждение, информационные плакаты	специальная одежда, перчатки
инфракрасное излучение в рабочей зоне	защитные экраны, ограждение	специальная одежда, перчатки, защитная маска
«ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне	защитные экраны, ограждение	специальная одежда, перчатки, защитная маска
Применение кислоты в рабочей зоне» [7]	защитные экраны, ограждение	специальная одежда, перчатки, защитные очки

Ранее была поведена идентификация негативных производственных факторов, которые сопровождают реализацию проектного технологического процесса. Было выделено восемь факторов, которые могут послужить причиной возникновения опасностей и вреда для здоровья персонала предприятия.

Представленные в таблице 5 технические средства и организационные мероприятия позволяют эффективно снижать действие на персонал негативных производственных факторов. Как видно из таблицы, предлагаемые средства и методики представляют стандартный набор средств, применение которых не требует проведения специальных изыскательных и проектировочных работ.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Кроме негативных производственных факторов, влияющих на персонал предприятия, современному производству приходится считаться с опасностью возникновения пожара, который может являться причиной человеческих жертв и существенных финансовых потерь. При выполнении операций сварки и наплавки происходит работа с открытыми источниками огня. Также пожар может возникнуть в результате короткого замыкания в электрических сетях и в результате теплового излучения сварочной дуги. Для того, чтобы устранить опасность возникновения пожара и уменьшить его негативные последствия, следует провести идентификацию опасных факторов при возникновении пожара на рассматриваемом технологическом объекте, результаты которой представлены в таблице 6.

В соответствии с принятой классификацией возможный пожар на рассматриваемом технологическом участке может быть отнесён к классу «Е», «который предполагает горение материалов в условиях действия высокого напряжения. В числе основных негативных факторов пожара следует указать тепловой поток» [7], снижение концентрации кислорода в

воздухе, выделение токсичных веществ при горении и термическом разложении материалов, задымление пространства и ухудшение видимости. В числе вторичных негативных факторов пожара следует указать опасность поражения электрическим током, опасность отравления продуктами разложения составов, которые были использованы при тушении пожара.

Технические средства, направленные на устранение негативных факторов пожаров, представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Класс и опасные факторы пожара на рассматриваемом техническом объекте

Назначение технологического участка	Сборка и сварка элементов каркаса сиденья автомобиля
Наименование оборудования	Машины для контактной сварки, роботизированный комплекс для дуговой сварки
Классификация по виду горящего вещества	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [7]
Основные опасных факторы пожара	«Повышенная температура; токсичные продукты и угарный газ; снижающие видимость аэрозоли; снижение концентрации кислорода в воздухе» [7]
Вторичные опасные факторы пожара	Поражение электрическим током; продукты разложения составов, используемых для тушения пожара

Таблица 7 – Технические средства и организационные мероприятия по устранению негативных факторов пожара

«Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
Пожарное оборудование	Пожарный кран
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	План эвакуации
Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Ведро конусное, лом, лопата штыковая
Пожарные сигнализация, связь и оповещение	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели» [7]

Организационные мероприятия, направленные на устранение негативных факторов пожаров, представлены в таблице 8. Предполагается проведение инструктажа по обеспечению пожарной безопасности, проведение деловых игр по тематике противопожарных работ, соблюдение производственной дисциплины, запрет курения в неположенных местах, организация общественного контроля.

Таблица 8 – Организационные мероприятия по устранению негативных факторов пожара

«Наименование производственного участка	Сборка и сварка элементов каркаса сиденья автомобиля
Организационные мероприятия	Проведение инструктажа по обеспечению пожарной безопасности, проведение деловых» [7] и ролевых игр с сотрудниками предприятия по тематике противопожарных работ, соблюдение производственной дисциплины, запрет курения в неположенных местах, организация общественного контроля за противопожарной обстановкой
Требования к производственному участку	Наличие информационных, мотивирующих и предупреждающих плакатов, установка экранов от пролёта брызг и искр, наличие на участке первичных средств пожаротушения

Пожарная безопасность рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе производственного участка обеспечивается наличием первичных средств тушения пожаров, среди которых огнетушители, ящик с песком и кошма. Также в качестве пожарного инструмента могут быть использованы багор, топор и лопата. Необходимо предусмотреть наличие речевых, световых и звуковых оповещателей, которые обеспечат своевременное информирование персонала в случае возникновения внештатных ситуаций.

Следует признать эффективным средством предупреждения возникновения пожаров соблюдение производственной дисциплины и проведение инструктажа работников на тему обеспечения пожарной безопасности.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Современное производство не только должно отвечать требованиям промышленной безопасности, но и характеризоваться минимальным антропогенным воздействием на окружающую среду. В настоящее время в мировую повестку включены вопросы обеспечения экологической безопасности промышленных предприятий. При реализации проектной технологии наблюдается отрицательное влияние на такие элементы ареала обитания, как атмосфера, гидросфера и литосфера, особенности такого отрицательного воздействия представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Негативные антропогенные факторы на окружающую среду при реализации проектной технологии восстановительной наплавки

Наименование анализируемого технологического процесса	Сборка и сварка элементов каркаса сиденья автомобиля
Наименование операций технологического процесса, в ходе которых возникает негативное антропогенное воздействие	Подготовка поверхности деталей, контактная рельефная сварка, контактная точечная сварка, роботизированная дуговая сварка, контроль качества
Факторы негативного воздействия на атмосферу	Сварочные аэрозоли, частицы сажи
Факторы негативного воздействия на гидросферу	Пролитое машинное масло, попадающее в грунтовые воды
Факторы негативного воздействия на литосферу	Пролитое на землю машинное масло, загрязнение площадей упаковочным материалом, бытовым и производственным мусором

На основании анализа данных таблицы 9 предлагается ряд организационных мероприятий и технические средства, применение которых позволяет снизить отрицательное воздействие производственного участка на окружающую среду. Предлагаемые решения представлены в таблице 10 и являются стандартными мероприятиями, которые необходимо проводить на современных промышленных предприятиях. Особо следует отметить селективный сбор промышленного мусора и отходов, который позволяет повысить экономическую эффективность технологии за счёт рециклинга.

Таблица 10 – Организационные мероприятия и технические средства для снижения отрицательного воздействия на окружающую среду

«Наименование технического объекта	Сборка и сварка элементов каркаса сиденья автомобиля
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [1]

Предлагаемые мероприятия и технические решения позволяют снизить отрицательное воздействие технологического процесса на окружающую среду до приемлемого уровня, что позволяет рекомендовать рассматриваемые решения для внедрения в реальное производство.

Выводы по экологическому разделу

В настоящем разделе представленной на защиту выпускной квалификационной работы выполнена идентификация негативных производственных факторов, возникновение которых возможно при реализации проектной технологии сборки и сварки. На основании нормативной документации предложены средства защиты от них.

Также в работе рассмотрены вопросы обеспечения пожарной безопасности производства, предложены меры по уменьшению опасности возгорания и снижению последствий возможного пожара.

В работе поднят вопрос экологической безопасности промышленного производства, для снижения отрицательного влияния антропогенных факторов предложены мероприятия и технические решения.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходная информация для выполнения экономического обоснования

Представленная на защиту выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных работ при выполнении сборки и сварки элементов каркаса сиденья легкового автомобиля.

Базовый вариант технологии предусматривает применение механизированной дуговой сварки, которая имеет ряд недостатков. Во-первых, при не удаётся получить высокую стабильность механических свойств и химического состава металла сварного шва. Во-вторых, значительное разбрызгивание электродного металла не позволяет применить роботизированную сварку и применить формированные режимы сварки. Механизированная дуговая сварка характеризуется тяжелыми условиями труда сварщика. Также следует отметить низкую производительность процесса и низкое качество сварки, которое также существенно зависит от квалификации и кондиции сварщика.

Роботизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, которая предлагается в проектной технологии, позволяет повысить производительность и качество выполняемых работ. Для повышения производительности и стабильности качества в работе предлагаются решения, разработанные отечественными исследователями-сварщиками, проводящими изыскания в области импульсного управления сварочной дугой. Исходные данные по вариантам приведены в таблице 11.

По данным этой таблицы предстоит выполнить расчёт себестоимости производства с применением проектной технологии и применением базовой технологии. Также необходимо рассчитать капитальные затраты на базовую и проектную технологии сборки и сварки.

Таблица 11 – Исходные данные для экономического обоснования

«Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
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	$K_{вн}$	-	1,03	1,03
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	92 тыс.	1000 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	15	150
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	m^2	50	50
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [14]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Экономическое обоснование предлагаемых решений предусматривает выполнение расчётов основных экономических показателей проектной и базовой технологий с учётом технологической, цеховой и заводской себестоимости.

4.2 Расчёт фонда времени

Выполнение операций технологического процесса, как в проектном, так и в базовом варианте, предусматривает работу оборудования, которая происходит в течение заданного промежутка времени. Дальнейшие экономические расчёты по определению себестоимости производства и других экономических показателей предприятия основаны на величине годовой программы и количества единиц оборудования, которые, в свою очередь, вычисляются в зависимости от общего фонда времени работы оборудования. Объём общего фонда времени работы оборудования зависит от количества рабочих дней в календарном году, которое принимается $D_p=277$. Еще одной компонентой для расчётов является продолжительность рабочей смены, которая принимается $T_{см}=8$ часов. Количество рабочих смен на предприятии принимается равным $K_{см}=2$. В предпраздничные дни происходит уменьшение продолжительности рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час. Количество предпраздничных дней принимается равным $D_{п}=7$ дней. С использованием исходных параметров производит расчёт годового фонда времени работу оборудования по формуле:

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

После подстановки в формулу (1) исходных значений годовой фонд времени работы оборудования будет равен: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418$ часов. Для определения эффективного фонда времени работы оборудования следует необходимо учесть возможные потери в размере $B=7\%$ по формуле:

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (2)$$

После подстановки в формулу (2) исходных значений эффективный фонд времени работы оборудования составляет : $F_э = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108$ часов. Эта величина будет в дальнейшем использована для проведения дальнейших экономических расчётов.

4.3 Штучное время по базовому и проектному вариантам технологии

Расчёт годовой программы и себестоимости производства требует определения штучного времени, которое требуется на выполнение технологических операций согласно базового и проектного вариантов технологии. «В состав штучного времени $t_{шт}$ входят пять слагаемых. Первым слагаемым является машинное время $t_{маш}$, которое затрачивается на выполнение основных операций технологического процесса. Вторым слагаемым является вспомогательное время $t_{всп}$, которое затрачивается на выполнение вспомогательных и подготовительных операций» [14]. Третьим слагаемым является время отдыха $t_{отд}$. Четвертым слагаемым является подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$. Пятым слагаемым является время обслуживания $t_{обсл}$, которое расходуется на проведение мелкого ремонта и обслуживание технологического оборудования. Таким образом, штучное время вычисляется как:

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

После подстановки в формулу (3) исходных значений по базовому и проектному вариантам технологии, взятых и аналитического и исполнительского разделов выпускной работы, получены следующие значения штучного времени: $t_{шт.баз} = 0,08 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,13$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,05 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 0,09$ часа. Объём годовой программы $P_{г}$ зависит от объёма эффективного годового фонда времени работы оборудования $F_{э}$ и штучного времени $t_{шт}$ по базовому и проектному вариантам технологии:

$$P_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (4)$$

После подстановки в (4) исходных значений для рассматриваемых вариантов $P_{г.баз.} = 4418/0,13 = 34000$ и $P_{г.пр.} = 4418/0,09 = 50000$. С учётом потребности отрасли принимаем $P_{г}=50000$ для обоих вариантов технологии.

Расчёт количества технологического оборудования, применяемого для выполнения операций проектного и «базового вариантов технологии, выполняется с учётом годовой программы, штучного времени $t_{шт}$, эффективного фонда времени $F_э$ и коэффициента выполнения нормы, значение которого принимается равным $K_{вн} = 1,03$ » [14]:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_{Г} / (F_э \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

«При внесении в формулу (5) исходных значений, получаем для базового и проектного вариантов технологии соответственно количество оборудования» [14] $n_{расч} = 0,13 \cdot 5000 / (4118 \cdot 1,03) = 1,44$ и $n_{расч} = 0,09 \cdot 50000 / (4118 \cdot 1,03) = 1$.

При выполнении операций технологического процесса для дальнейших расчётов примем ближайшее большее целое значение $n=2$ для базового варианта технологии и $n=1$ для проектного варианта технологии.

Далее проведем расчёт коэффициента загрузки технологического оборудования $K_з$ для обоих вариантов технологии:

$$K_з = n_{расч} / n. \quad (6)$$

После внесения в формулу (6) исходных значений для базового варианта технологии получено $K_з = 1,44/2 = 0,72$; для проектного варианта технологии получено $K_з = 1/1 = 1$.

Таким образом, для последующего экономического расчёта по обоснованию предлагаемых технических и организационных решений получены исходные значения «эффективного годового фонда времени работы оборудования, штучного времени, количества оборудования, годовой программы и коэффициента загрузки оборудования» [14].

Расчёт изменяющихся экономических показателей выполним по технологической, цеховой и заводской себестоимости проведения работ с учётом капитальных затрат на проведение технологического процесса по базовому варианту и проектному варианту.

4.4 Технологическая, цеховая и заводская себестоимости по вариантам технологии

«При выполнении операций технологического процесса по проектному варианту и по базовому варианту происходит расходование материалов. При выполнении технологического процесса по базовом и проектному варианту в качестве расходуемых материалов выступают защитный газ и сварочная проволока. Расчёт затрат на материалы M выполняется по рыночной цене материалов C_M , с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$ и нормы расходов материалов H_p » [14]:

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

На основании данных аналитического и исполнительского разделов настоящей выпускной квалификационной работы с использованием формулы (7) получены значения расхода на материалы по базовому и проектному варианту технологии составили $M=310 \cdot 0,0448 + 90 \cdot 0,0213 = 15,8$ рублей.

«Для вычисления объема фонда заработной платы потребуется величина штучного времени $t_{шт}$, коэффициента доплат K_d и часовой тарифной ставки C_q » [14]. Для рассматриваемого варианта технологического процесса величина коэффициента доплат принимается равной $K_d = 1,88$. Для расчёта основной заработной платы применим формулу:

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

«После подстановки в (8) исходных значений расчётная величина фонда основной заработной платы составляет для базового варианта технологического процесса» [14] $Z_{осн} = 0,131 \cdot 50 \cdot 1,88 = 36,66$ рублей и для проектного варианта технологического процесса $Z_{осн} = 0,09 \cdot 150 \cdot 1,88 = 25,38$ рублей.

«Объем фонда дополнительной заработной платы определяется исходя из объемов основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента доплат, величин

которого принимается равной $K_{\text{доп}} = 12\%$ » [14]. Таким образом, расчёт дополнительной заработной платы проводится по формуле:

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

При подстановке данных в формулу (9) дополнительная заработная плата по базовому варианту технологии составляет $Z_{\text{доп}} = 36,66 \cdot 12 / 100 = 4,40$ рублей и по проектному варианту технологии $Z_{\text{доп}} = 25,38 \cdot 12 / 100 = 3,05$ рублей.

«Фонд заработной платы ФЗП представляет сумму дополнительной $Z_{\text{доп}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$. Для базового варианта технологии фонд заработной платы рассчитывается как $\text{ФЗП} = 36,66 + 4,40 = 41,06$ рублей. Для проектного варианта технологии фонд заработной платы рассчитывается как $\text{ФЗП} = 25,38 + 3,05 = 28,43$ рублей» [14].

Далее необходимо провести «расчёт отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$, задавшись значением коэффициента отчислений $K_{\text{сн}} = 34\%$. Величина отчислений на социальные составляет по формуле» [14]:

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

После подстановки данных в (10) для базового варианта технологического процесса отчисления на социальные нужды составили значение $O_{\text{сн}} = 41,06 \cdot 34 / 100 = 13,96$ рублей. Отчисления на социальные нужды для проектного варианта технологи составили $O_{\text{сн}} = 28,43 \cdot 34 / 100 = 9,67$ рублей.

Затраты на оборудование $Z_{\text{об}}$ по базовому и проектному вариантам технологического процесса определяются как сумма амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию $P_{\text{э}}$ по формуле:

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

«Расчёт величины амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ выполняется с учётом цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $N_{\text{а}}$, значение которой

принимается $N_a = 21,5 \%$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, эффективного фонда времени F_3 » [14]:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

После подстановки в формулу (12) исходных значений по базовому и проектному вариантам технологии расчётная величина $A_{\text{об}}$ составила для базовой технологии $A_{\text{об}} = 92000 \cdot 2 \cdot 21,5 \cdot 0,13 / 4108 / 100 = 5,68$ рубля и для проектной технологии $A_{\text{об}} = 1000000 \cdot 21,5 \cdot 0,09 / 4108 / 100 = 4,27$ рубля.

«Затраты на электрическую энергию, расходуемую на выполнение операций проектного и базового технологического процесса, определяются исходя из машинного времени $t_{\text{маш}}$, мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, стоимости электрической энергии $C_{\text{ээ}}$ и коэффициента полезного действия КПД» [14]:

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

После подстановки значений в формулу (13) расходы на электрическую энергию по базовому варианту составляют $P_{\text{ээ}} = 15 \cdot 2 \cdot 0,13 \cdot 3,4 / 0,7 = 48,75$ рублей. Расходы на электрическую энергию по проектному варианту составляют $P_{\text{ээ}} = 150 \cdot 0,09 \cdot 3,4 / 0,85 = 33,75$ рублей.

После подстановки значений в формулу (11) величина затрат на оборудование по базовому варианту с учётом стоимости воды и сжатого воздуха составила $Z_{\text{об}} = 5,68 + 48,75 + 0,94 + 1,31 = 56,68$ рублей. Затраты на оборудование по проектному варианту $Z_{\text{об}} = 4,27 + 33,75 + 0,65 + 0,91 = 39,58$ рублей.

«Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается по величине затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ и затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$. Величина $C_{\text{тех}}$ определяется по формуле» [14]:

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

При подстановке в формулу (14) значений размер технологической себестоимости для базового варианта составил $C_{\text{тех}} = 41,06 + 13,96 + 56,68 +$

15,8 = 113,74 рублей, для проектного варианта $C_{\text{тех}} = 28,43 + 9,67 + 39,58 + 15,8 = 79,09$ рублей.

«Для вычисления значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо значение технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$. Расчёт ведётся по формуле» [14]:

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

При подстановке значений в формулу (15) для базового варианта технологии размер цеховой себестоимости с учётом ранее определённых значений составляет $C_{\text{цех}} = 113,74 + 1,5 \cdot 36,66 = 168,73$ рублей. Для проектного варианта технологии $C_{\text{цех}} = 79,09 + 1,5 \cdot 25,38 = 117,16$ рублей.

«Для вычисления заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо значение цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента заводских расходов $K_{\text{зав}}$. Расчёт ведётся по формуле» [14]:

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

При подстановке значений в формулу (16) для базового варианта технологии размер цеховой себестоимости с учётом ранее определённых значений составляет $C_{\text{зав}} = 168,73 + 2,15 \cdot 36,66 = 247,55$ рублей. Для проектного варианта технологии $C_{\text{зав}} = 117,16 + 2,15 \cdot 25,38 = 171,73$ рублей.

В ходе проведённых экономических расчётов установлено, что величина заводской себестоимости при выполнении работ по проектной технологии с применением предлагаемых технических решений, значительно меньше заводской себестоимости при проведении работ по базовой технологии. Снижение заводской себестоимости происходит по причине повышения производительности труда и повышения эффективности расходования материалов и энергии. Это позволяет предположить наличие положительного экономического эффекта, для определения которого необходимо выполнить расчёт капитальных затрат по проектному и базовому вариантам технологии.

4.5 Расчёт капитальных затрат по проектной и базовой технологии

Первоначально проведем «расчёт капитальных затрат по базовому варианту технологического процесса. Остаточная стоимость оборудования $\Pi_{об.б.}$ может быть рассчитана по рыночной стоимости нового оборудования $\Pi_{перв.}$, нормы амортизационных отчислений N_a и срока эксплуатации оборудования $T_{сл}$ по формуле» [14]:

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

После подстановки в формулу (17) известных значений может быть рассчитана остаточной стоимости оборудования, которое было задействовано для реализации операций базового технологического процесса $\Pi_{об.б.} = 92000 \cdot 0,72 = 66240$ рублей.

Размер «капитальных затрат по базовому варианту технологии рассчитывается с учётом остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.}$ и коэффициента загрузки оборудования K_3 по базовому варианту технологии» [14]:

$$K_{общ. б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{з.б.} \quad (18)$$

После подстановки в формулу (18) известных значений величина капитальных затрат по базовому варианту $K_{общ. б.} = 1 \cdot 71000 \cdot 0,76 = 53960$ рублей.

Для расчёта капитальных затрат по проектному варианту технологии $K_{общ. пр.}$ необходимо задаться капитальными затратами на оборудование $K_{об. пр.}$, капитальными затратами на площади $K_{пл. пр.}$ и сопутствующими расходами $P_{соп.}$. Таким образом, расчёт капитальных затрат происходит по формуле:

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

Капитальные затраты на оборудование будут рассчитаны с учётом цены оборудования для выполнения операций проектного технологического

процесса $\Pi_{\text{об. пр.}}$, коэффициента загрузки оборудования K_3 и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}=1,05$:

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

После подстановки в формулу (20) значений расчётная величина капитальных затрат на оборудование по проектному варианту составила $K_{\text{об. пр.}} = 1000000 \cdot 1,05 \cdot 1,00 = 1050000$ рублей.

Сопутствующие затраты $K_{\text{соп}}$ при внедрении проектной технологии в производство определяются как сумма затрат на демонтаж старого оборудования $P_{\text{дем}}$ и затрат на монтаж нового оборудования $P_{\text{монт}}$. Затраты на демонтаж старого оборудования определяются по его остаточной стоимости $\Pi_{\text{об. б.}}$ через коэффициент расходов на демонтаж $K_{\text{дем}} = 0,05$:

$$P_{\text{дем}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{\text{д.}} \quad (21)$$

После подстановки в формулу (21) значений величина расходов на демонтаж составила $P_{\text{дем}} = 120000 \cdot 0,3 = 36000$ рублей.

Величина расходов на монтаж нового оборудования определяется по его рыночной стоимости $\Pi_{\text{об. пр.}}$ и коэффициента расходов на монтаж $K_{\text{монт}} = 0,05$:

$$P_{\text{монт}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \quad (22)$$

После подстановки в формулу (22) значений величина расходов на монтаж составила $P_{\text{монт}} = 200000 \cdot 0,3 = 60000$ рублей.

Размер сопутствующих расходов определяется как сумма расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ и расходов на монтаж $P_{\text{монт}}$ по формуле:

$$P_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}} \quad (23)$$

После подстановки значений в формулу (23) размер сопутствующих расходов составил $P_{\text{соп}} = 36000 + 60000 = 96000$ рублей.

Общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}}$, рассчитываемые по формуле (19), составили $K_{\text{общ. пр.}} = 1050000 + 96000 = 1146000$ рублей.

«Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ выполняется как разность капитальных затрат по проектному $K_{\text{общ.пр}}$ и базовому $K_{\text{общ.б}}$ вариантам технологии» [14]:

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

При подстановке в формулу (24) известных значений дополнительные капитальные вложения составили $K_{\text{доп}} = 1146000 - 662400 = 483600$ рублей.

«Удельные капитальные вложения вычисляем с учётом годовой программы $\Pi_{\text{г}}$ по формуле» [14]:

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

«При подстановке в формулу (25) известных значений размер удельных капитальных вложений при построении технологического процесса по базовому варианту составил» [14] $K_{\text{уд}} = 662400/50000 = 13,25$ рублей. Размер удельных капитальных вложений при построении технологического процесса по проектному варианту составил $K_{\text{уд}} = 1146000/50000 = 22,92$ рублей.

Таким образом, были рассчитаны все необходимые исходные данные для определения основных показателей эффективности проектной технологии.

4.6 Показатели эффективности предлагаемых решений

Основными показателями, определяющими эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решения, являются «снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$, повышение производительности труда $\Pi_{\text{т}}$, снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, условная годовая экономия $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, срок окупаемости капитальных вложений $T_{\text{ок}}$ и годовой экономический эффект $\mathcal{E}_{\text{г}}$ » [14].

Величину снижения трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ определим по штучному времени проектной $t_{\text{шт.пр}}$ и базовой $t_{\text{шт.б}}$ технологии по формуле:

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

При подстановке значений в формулу (26) рассчитываем величину снижения трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}} = (0,13 - 0,09) \cdot 100 \% / 0,13 = 31 \%.$

«Повышение производительности труда Π_T рассчитывается исходя из ранее определённого значения снижения трудоёмкости $\Delta t_{\text{шт}}$ по формуле» [14]:

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

При подстановке значений в формулу (27) рассчитываемая величина повышения производительности труда составляет $\Pi_T = 100 \cdot 31 / (100 - 31) = 45 \%.$

«Размер снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается по ранее определённым значениям технологической себестоимости в проектном $C_{\text{тех.пр.}}$ и базовом $C_{\text{тех.б.}}$ вариантах технологии по формуле» [14]:

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

При подстановке значений в формулу (28) снижение технологической себестоимости составляет $\Delta C_{\text{тех}} = (113,74 - 79,09) \cdot 100\% / 113,74 = 30 \%.$

Величина условно-годовой экономии рассчитывается исходя из заводской себестоимости по проектному $C_{\text{зав.пр}}$ и базовому $C_{\text{зав.б}}$ вариантам технологии по формуле:

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

При подстановке в формулу (29) ранее определённых значений величина условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}} = (247,55 - 171,73) \cdot 50000 = 9791000$ рублей.

Расчёт срока окупаемости предлагаемый в настоящей выпускной квалификационной работе решений выполняется по формуле:

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

При подстановке в формулу (30) значений расчётная величина срока окупаемости составляет $T_{\text{ок}} = 4836000 / 9791000 = 0,1$ года.

«Годовой экономический эффект \mathcal{E}_r рассчитывается с учётом условно-годовой экономии $\mathcal{E}_{\text{уг}}$, дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ и коэффициента окупаемости E_n по формуле» [14]:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{доп}}. \quad (31)$$

При подстановке в формулу (31) известных значений величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_r = 9791000 - 0,33 \cdot 483600 = 9631412$ рублей.

Выводы по экономическому разделу

В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен расчёт основных экономических показателей производства при осуществлении базового варианта технологического процесса и проектного варианта технологического процесса.

Установлено, что внедрение в производство предлагаемых решений позволяет снизить трудоемкость на величину $\Delta t_{\text{шт}} = 31\%$ и повысить производительность труда на $P_r = 45\%$. Внедрение прогрессивных технологий позволяет более эффективно расходовать трудовые, материальные и энергетические ресурсы предприятия, что позволяет снизить технологическую себестоимость на величину $\Delta C_{\text{тех}} = 30\%$. При этом условно-годовая экономия составляет $\mathcal{E}_{\text{уг}} = 9,79$ млн. рублей. С учётом капитальных вложений окупаемость предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений составляет $T_{\text{ок}} = 0,1$ года. Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет $\mathcal{E}_r = 9,63$ млн. рублей.

На основании проведенных экономических расчётов следует сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых решений.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочного производства при сборке и сварке элементов каркаса сиденья автомобиля.

При анализе базовой технологии сформулированы её недостатки. Базовая технология сварки предусматривает применение механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Недостатками базовой технологии является высокая утомляемость сварщика, низкая стабильность качества и низкая производительность работ.

В ходе анализа альтернативных способов сварки принято решение предложить технические средства, расширяющие возможности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и позволяющие выполнить её роботизацию.

В исполнительском разделе рассмотрены вопросы построения проектной технологии сборки и сварки. Предложено применить роботизированную сварку. На основании анализа источников научно-технической информации предложены средства для повышения эффективности сварки. Назначены оптимальные параметры режима сварки.

В оценочном разделе выполнена идентификация негативных производственных факторов. Предложены технические средства и мероприятия, позволяющие нейтрализовать опасные и вредные производственные факторы. Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности.

В оценочном разделе доказана экономическая эффективность проектной технологии. Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 9,63 млн. рублей.

На основании проведенных экономических расчётов следует сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых решений.

Поставленная цель может считаться достигнутой.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
2. Верёвкин А. А. Повышение эффективности сварки в CO₂ неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул: Томский политехнический университет. 2010.
3. Воронов М. В., Леонова Н. Г., Стамов И.Г. Креативность общественной практики и стратегия современной России // Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. / РАН. ИНИОН. – М., 2019. Вып. 14. С. 70–74.
4. Глазьев С. Ю. Россия: главные аспекты мобилизационного проекта // Изборский клуб. 2018. № 3. С. 4–22.
5. Глазьев С. Ю. Условия и стратегия экономической мобилизации в системе воспроизводства российской государственности // Менеджмент и бизнес-планирование. 2018. № 2. С. 40-78.
6. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
7. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
8. Гульятеева М. А., Белорусова И. А., Ожигов В. О. Мобилизационная экономика / Economy and Business: Theory and Practice. 2022. № 12. С. 106–114.
9. Крампит А.Г., Дмитриева А.В. Влияние параметров импульса на формирование сварного шва // Технология металлов. 2014. №1. С. 43-46.

10. Крампит А. Г., Князьков А. Ф., Крампит Н. Ю. Совершенствование процесса импульсно-дуговой сварки в CO_2 в щелевую разделку // Сварочное производство. 2004. №1. С. 36–38.

11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.

12. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO_2 в щелевую разделку при импульсном питании: Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет. 2003.

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

14. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.

15. Ленивкин В. А., Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. М.: Машиностроение, 1989. 264 с.

16. Людмирский Ю. Г., Солтовец М. В., Грицына А. Н. Принципы организационно-технологического проектирования роботизированных сварочных комплексов // Вестник ДГТУ, № 1. С. 47–53.

17. Мазур А.А. Маковецкая О. К., Пустовойт С. В. Экономико-статистический обзор мирового и регионального рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45–51.

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

19. Патент № 2190510 РФ. Устройство для сварки / Князьков А. Ф., Крампит Н. Ю., Петриков А. В.; Заявл. 14.12.2000; Опубл. 10.10.2002, Бюл. № 7. 8 с.

20. 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.

21. 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.

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