

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 изготовления навеса над стоянкой
автомобиля

Студент

А.Р. Казымов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент О.В. Шашкин

(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 2021

Аннотация

В настоящее время доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении навесов над стоянкой автомобиля.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- обоснование выбора способа сварки;
- повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- составление проектной технологии сборки и сварки изделия.

Составлена проектная технология сборки и сварки изделия, в которой сварочные операции с использованием ручной дуговой сварки изменены на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением дугой.

Предложены мероприятия по защите от опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 360 тыс. рублей.

Abstract

The title of the graduation work is «Technological process of manufacturing a carport over a parking lot».

At present, the share of welded structures obtained using manual arc welding with stick electrodes is steadily decreasing. This is due to the inherent disadvantages of the welding method.

The aim of the work is increasing productivity and quality of welding work in the manufacture of carports.

The following tasks have been solved:

- justification for the choice of the welding method;
- increasing the efficiency of the selected welding method in relation to the product in question;
- preparation of design technology for assembly and welding of the product.

A design technology for assembly and welding of a product has been drawn up, in which welding operations using manual arc welding are changed to mechanized gas-shielded welding with pulse control of the arc.

The analysis of the design technology of welding for the presence of dangerous and harmful production factors is performed.

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,36 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению навеса	7
1.1 Сведения о конструкции навеса	7
1.2 Сведения о материале навеса	9
1.3 Базовая технология сборки и сварки навеса	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	15
2 Проектная технология сборки и сварки навеса	16
2.1 Обоснование выбора способа сварки	16
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения	21
2.3 Способ импульсной сварки	23
2.4 Проектная технология сборки и сварки навеса	26
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	30
3.1 Технологическая характеристика объекта	30
3.2 Идентификация профессиональных рисков	32
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	34
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	35
3.5 Обеспечение экологической безопасности	37
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии	39
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	39
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	41
4.3 Расчет штучного времени	42
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	44

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	48
4.6 Показатели экономической эффективности.	51
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников.	55

Введение

В настоящее время проходит глубокая модернизация промышленности России, направленная на их укрупнение. Повсеместно от кустарных и полукустарных производств переходят к современным промышленным предприятиям, использующим новейшее сварочное оборудование и сертифицированные технологии.

Одним из производств, которое следует модернизировать, является изготовление конструкции навесов над стоянкой автомобилей. До недавнего времени изготовление таких конструкций предполагало применение ручной дуговой сварки.

Мировой производитель сварочных материалов и оборудования направляет свои усилия на модернизацию и оснащение сварочного производства современным оборудованием. При этом увеличивается доля высокотехнологичных сварочных материалов.

В настоящее время доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки.

Неуклонно снижаются объемы производства штучных электродов по причине уменьшения доли ручной дуговой сварки в пользу механизированной и автоматической сварки. При этом всё большую роль в изготовлении сварных конструкций играют сварка порошковой самозащитной проволокой и сварка защитных газах проволокой сплошного сечения. Переход на механизированные способы сварки позволяет получить экономический эффект и повысить показатели качества выполняемых работ.

На основании вышеизложенного актуальной следует признать **цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении навесов над стоянкой автомобиля.

1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению навеса

1.1 Сведения о конструкции навеса

Навес над стоянкой автомобилей, показанный на рисунке 1, представляет сборную конструкцию из сварных узлов. Габариты навеса позволяют беспрепятственно разместить под ним до 12 легковых автомобилей. Количество автомобилей может быть увеличено многократно пропорционально числу возводимых на данном объекте конструкций. В конструкцию навеса входит несколько типовых сварных узлов, представленные на рисунке 2.

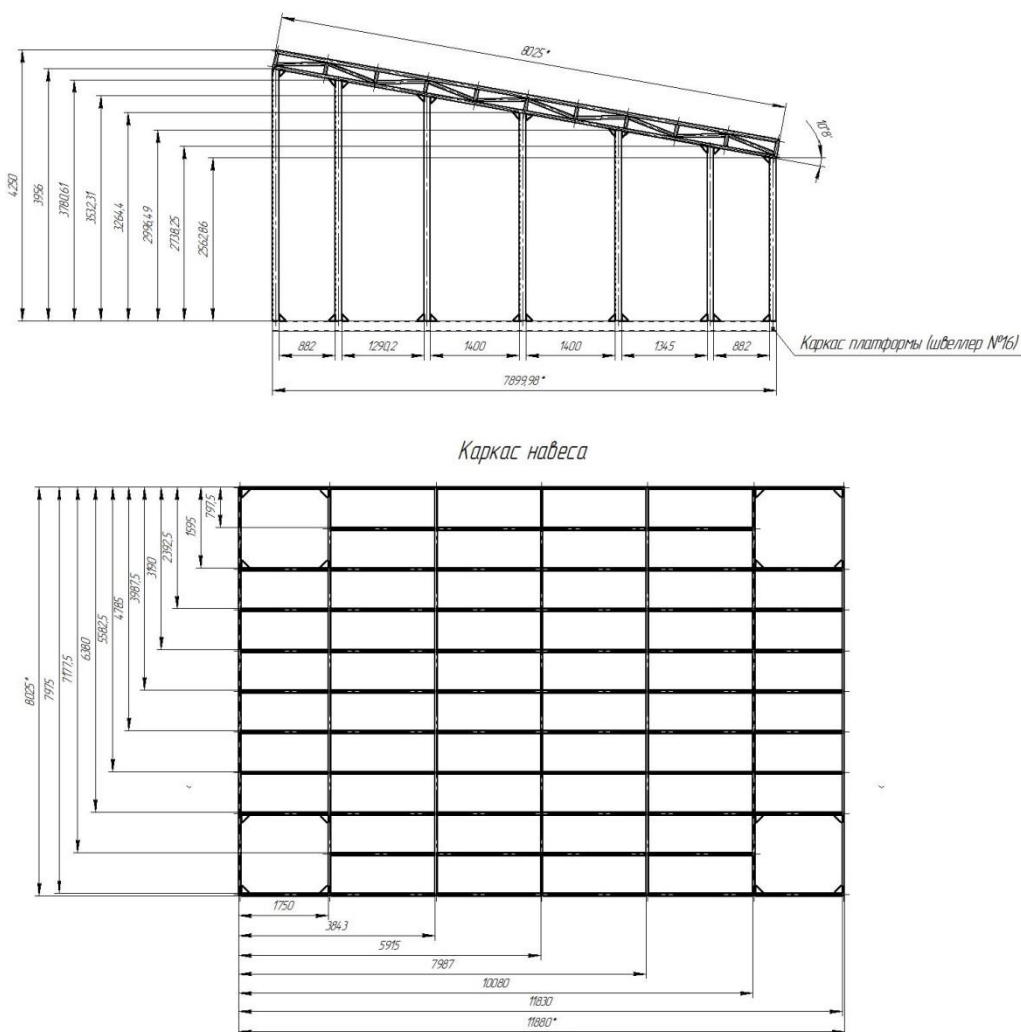


Рисунок 1 – Общий вид навеса над стоянкой автомобилей

1.2 Сведения о материале навеса

Материал, из которого изготавливаются элементы конструкции навеса – сталь Ст3, состав которой представлен в таблице 1. Благодаря механическим свойствам, представленным в таблице 2, эта сталь нашла широкое применение при изготовлении металлических конструкций [10]

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали Ст3

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

Таблица 2 – Механические свойства стали Ст3

σ_b , кгс/мм ²	σ_b , кгс/мм ²	σ_b , кгс/мм ²	Изгиб на 180 ⁰ для толщин до 20 мм
38...49	20	26	d=0,5a

Сталь Ст3 получила широкое применение при выполнении несущих конструкций, строительство которых предполагает выполнение сварных швов. Как показывают результаты исследований, основной металл и сварные швы достаточно долго могут сопротивляться усталостному разрушению, при этом общее число циклов нагружения до разрушения конструкции составляет от 10 тыс. до 40 тыс. в зависимости от исходного состояния стали [17], [22].

Повышение эксплуатационных свойств конструкций из стали Ст3 возможно при её модификации с использованием модифицирующих добавок отечественного и зарубежного производства [13]. Введение в расплав небольшого количества модификатора изменяет строение стали, структуру и свойства неметаллических включений.

Коррозионная стойкость стали Ст3 относительно невысока, она относится к пониженно стойким материалам [2].

Сталь Ст3 может быть легко сварена с применением всех известных способов сварки, так как свариваемость её – хорошая. Термической обработки при сварке конструкций не требуется.

1.3 Базовая технология сборки и сварки навеса

Основные и вспомогательные операции технологического процесса сварки элементов навеса выполняются в цехе металлоконструкций. Технологический процесс изготовления включает в себя последовательное выполнение следующих операций: очистка поверхности проката, правка проката, разметка, механическая резка, транспортировка, сборка с прихваткой, сварка, контроль качества.

При поступлении проката на склад необходимо выполнить его приёмку с составлением акта. После приёмки проката и заполнения акта необходимо нанести соответствующую маркировку на его торцы. При хранении проката ширина штабеля не должна быть более 2,5 метра. Деловые отходы (возврат), которые были получены при вырезке из проката заготовок, следует вернуть на склад, нанеся на них соответствующую маркировку.

Перед началом изготовления конструкции следует очистить поверхность проката от окалины и ржавчины. Для этого применяется переносная пескоструйная установка DBS-100 (или DBS-200), представленные на рисунке 3. Параметры пескоструйной очистки: рабочее давление воздуха – 10 бар, диаметр сопла – 11 мм, расход воздуха – 11,6 м³/мин, расход абразива – 50 кг/м², абразив – SA 3.

Если кривизна проката составляет более 5 мм на 1000 мм, то необходимо выполнить его правку. Правку сортового проката выполняют на машине JZJ20-40, представленной на рисунке 4. Параметры правки: скорость правки – 0,25...0,5 м/с, момент правки – 600 кгс·м, входящий угол - 90°20'. Правка на сортоправильной машине позволяет устранить общую волнистость проката и его местные деформации вдоль оси.



Рисунок 3 – Переносная пескоструйная установка DBS-100 и DBS-200



Рисунок 4 – Правка сортового проката на машине JZJ20-40

Разметку проката перед резкой осуществляют при помощи металлических рулеток со шкалой точности не ниже 2-го класса по ГОСТ 7520, линеек длиной 1000 мм, угломеров с нониусом, угольников и штангенрейсмусов. Предельные отклонения разметки должны составлять не более 1,0 мм.

Механическая резка проката выполняется на ленточнопильном станке JET HVBS-56M 414458M, который представлен на рисунке 5. Материал полотна – сталь 25Х6ВФ, передний угол зуба – 0° , разводка зубьев – стандартная, шаг зуба – постоянный 14 мм, скорость реза – 40 м/мин, натяжение полотна – 300 Н/мм.

Транспортировка заготовок выполняется крюковым однобалочным краном грузоподъемностью 2 т, внешний вид которого показан на рисунке 6. Скорость движения при транспортировке – 40 м/мин, скорость перемещения тали – 25 м/мин.



Рисунок 5 – Ленточнопильный станок JET HVBS-56M 414458M



Рисунок 6 – Крюковый однобалочный кран грузоподъёмностью 2 т

Сборку заготовок выполняем на стенде, показанном на рисунке 7, позволяющем осуществлять размещение и фиксирование заготовок. Сборочная оснастка должно обеспечивать задание геометрии и конструкции, жёсткость закрепления, плотность прижатия деталей друг к другу. Перемещение элементов конструкции не должно приводит к нарушению сборки. В процессе сборки величина зазора между деталями не должна превышать 2 мм.

Прихватку и сварку выполняют ручной дуговой сваркой. В качестве источника питания применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506, представленный на рисунке 8. В качестве электродов применяются электроды УОНИ 13/55, химический состав и свойства которых представлены в таблицах 3 и 4. Сварку необходимо выполнять в отапливаемых цехах, обеспечивающих положительную температуру свариваемой конструкции и окружающего воздуха.



Рисунок 7 – Стенд для сборки и сварки



Рисунок 8 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла электродами УОНИ 13/55

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

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла электродами УОНИ 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

Если поддержание положительной температуры в помещении, где проходит сварка, невозможно, в порядке исключения допускается вести сварку при температуре не ниже -10 °С. При этом обязателен

предварительный подогрев кромок и прилегающих к ним участков основного металла. Температура предварительного подогрева 120...150 °С. Ширина предварительного подогрева составляет не менее 60 мм.

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности («+» - на электроде).

Таблица 5 – 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	УОНИ-13/55	80-120	25-26
угловой	3...4	УОНИ-13/55	120-160	26-27

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостатком следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

Из-за множественных недостатков ручной дуговой сварки штучными электродами она повсеместно заменяется более производительными и перспективными способами сварки.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении навесов над стоянкой автомобиля.

В ходе анализа конструкции изделия определены и указаны его сварные швы, выявлены особенности сборки и эксплуатации. На основании анализа конструкции принято решение о неэффективности применения автоматических способов сварки.

После анализа базовой технологии сборки и сварки с применением ручной дуговой сварки выявлены недостатки, которые следует устранить: малая производительность и качество выполнения сварных соединений с применением ручной дуговой сварки; увеличенный расход электродного материала из-за угара и разбрызгивания, а также наличия выбрасываемых огарков; малая эффективность сборочного приспособления, которое представляет собой по сути металлический стол с несколькими ложементами, что существенно снижает производительность и точность сборки.

На основании вышеизложенного формулируем задачи выпускной квалификационной работы, выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели. Первая задача - обоснование выбора способа сварки, вторая задача - повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию, третья задача - составление проектной технологии сборки и сварки изделия.

Также в оценочном блоке будут выполнены следующие работы: оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал; оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

2 Проектная технология сборки и сварки навеса

2.1 Обоснование выбора способа сварки

В числе основных критериев, которыми следует руководствоваться при выборе способа сварки, следует назвать:

- свойства и толщина металла заготовок, из которых состоит рассматриваемое изделие, химический состав и свариваемость металла заготовок;

- геометрия сварных швов – длина, расположение в пространстве и относительно краёв изделия, доступность сварных швов, прямолинейность сварных швов;

- при выборе того или иного способа сварки следует руководствоваться приоритетом механизированных способов перед ручными и автоматических способов перед механизированными, при этом из автоматических способов следует отдавать предпочтение способу, имеющему большую производительность;

- оценка преимуществ и недостатков рассматриваемых способов сварки с точки зрения экономичности и стабильности качества соединений.

Анализ свойств и толщины заготовок. Поскольку рассматриваемая сварная конструкция выполняется из стали Ст3, то можно сделать вывод о применимости всех известных способов, так как свариваемость этой стали – удовлетворительная.

Толщина свариваемых заготовок составляет 3...5 мм. Для таких толщин целесообразно использование следующих способов сварки:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой;
- контактная точечная сварка;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Анализ геометрии сварных швов. Рассматриваемая сварная конструкция имеет множество коротких швов, расположенных в различных пространственных положениях.

При выполнении длинномерных швов целесообразно применение:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Ручная электродуговая сварка штучными электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 9, в настоящее время нашла широкое применение при выполнении коротких швов длиной в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть 2...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [8], [15].

В числе преимуществ ручной дуговой сварки штучными электродами следует отметить: простоту и дешевизну технологического оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения.

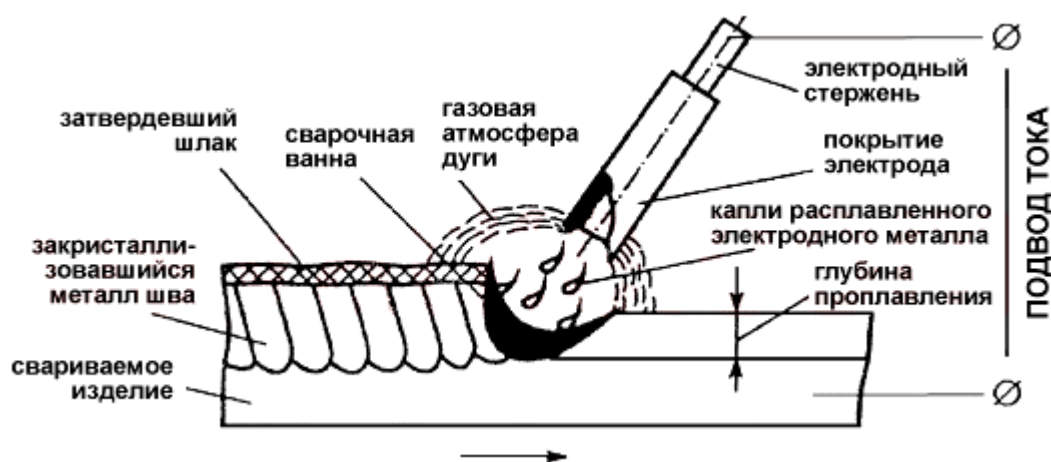


Рисунок 9 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

В настоящее время доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостаток следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

Из-за множественных недостатков ручной дуговой сварки штучными электродами она повсеместно заменяется более производительными и перспективными способами сварки.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 10, сочетает в себе положительные свойства механизированной сварки в защитных газах и ручной дуговой сварки штучными электродами. Как показала практика использования сварки с применением порошковой самозащитной проволоки, внедрение этого прогрессивного способа сварки позволяет получить экономию легирующих металлов [6]. Это объясняется значительно большим коэффициентом перехода легирующих элементов по сравнению со сваркой штучными электродами.

Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители

газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [14], [18].



Рисунок 10 – Схема осуществления сварки самозащитной порошковой проволокой

В настоящее время мировым производителем сварочных материалов («Lincoln Electric», «Hobart», «Elga», «ESAB», «Thyssen-Böhler», «Kobelco», «S.A.F.-Oerlicon»,) предлагается значительное количество порошковых проволок, которые предназначены для использования в широкой области.

Несмотря на преимущества сварки самозащитной порошковой проволокой, она обладает и существенными недостатками, ограничивающими область её применения. Во-первых, при сварке остаётся необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва. Во-вторых, высокая стоимость порошковой проволоки делает её применение в ряде случаев экономически невыгодным. В-третьих, из-за жидкотекучести шлака наблюдается сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений. В-четвёртых, следует отметить необходимость борьбы с заломами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости. В-пятых неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки приводит к образованию шлаковых включений и пор.

Преимуществами сварки в смеси защитных газов, схема выполнения которой представлена на рисунке 11, являются: высокая производительность

сварки, не образуется шлаковая корка, улучшаются условия труда сварщика, возможность сварки во всех пространственных положениях.

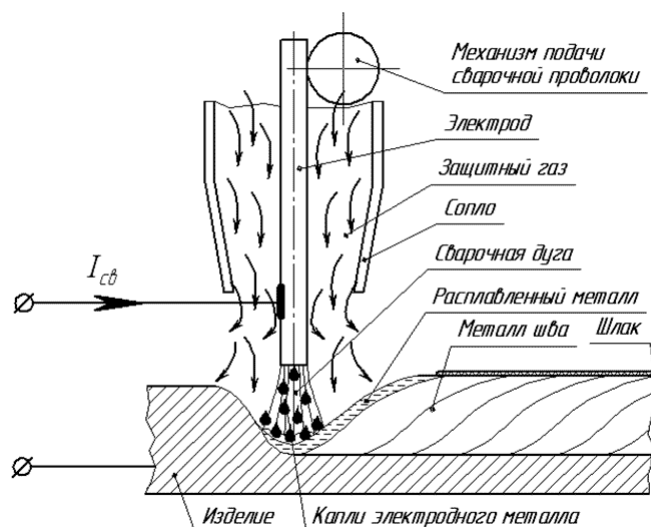


Рисунок 11 – Схема осуществления сварки в среде защитных газов

Недостатками сварки в смеси защитных газов являются: наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика), повышенное разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла), низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин).

Значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов посвящено большое количество работ [11], [12], [19], [20], [21]. Показано, что повышение качества и производительности сварки в защитных газах, расширение области её применения возможно при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну.

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа проектную технологию сварки изделия предлагаем строить на основании механизированной сварки в защитных газах. Дальнейшие изыскания будут направлены на повышение эффективности (снижение разбрызгивания и повышения стабильности горения дуги).

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

Характер переноса плавящегося электродного металла в сварочную ванну в значительной мере определяет технологические особенности процесса сварки в защитных газах плавящимся электродом. В процессе горения дуги на торце электродной проволоки формируются капли расплавленного электродного металла. Размер этих капель и частота их перехода в сварочную ванну, показанный на рисунке 12, определяются множеством факторов. В числе этих факторов следует отметить: материал и диаметр применяемой для сварки электродной проволоки, полярность и величина сварочного тока, тип защитного газа, напряжение на дуге.

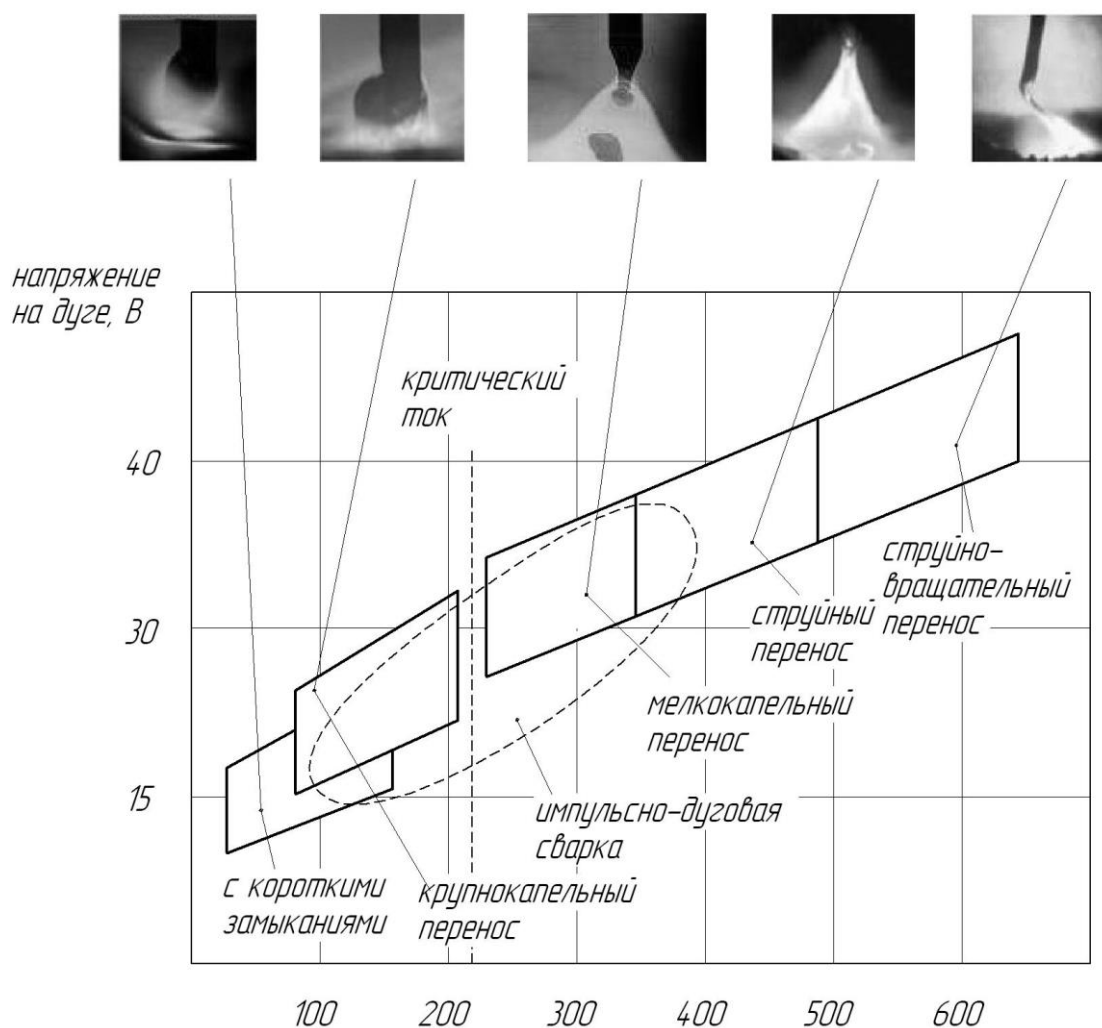


Рисунок 12 – Типы дуги при MIG/MAG сварке

Особенностями импульсной дуги являются:

- следование импульсов тока с заданной частотой, которая зависит от скорости подачи проволоки и обычно составляет 30...330 Гц;
- последовательный переход в сварочную ванну одной капли электродного металла за импульс;
- импульс тока характеризуется минимальным и максимальным значениями, причём, максимальные значения тока соответствуют току при длинной дуге;
- минимальные значения тока (т.н. «нижний ток») обеспечивает поддержание горения дуги, которая выполняет функцию очистки поверхности свариваемых деталей.

Горение дуги с импульсным управлением позволяет:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла [23];
- существенно повысить проплавляющую способность дуги [24], [25];
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния [23], [25];
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.

«Добавка Ar в защитную смесь позволяет повысить стабильность горения дуги, улучшить формирование шва (несколько снижается высота усиления, уменьшается бугристость), снизить содержание водорода в металле шва, что способствует повышению стойкости металла шва против образования пор. Наиболее плавный переход от шва к основному металлу наблюдается при содержании аргона в смеси 5-10%. При сварке с использованием смеси $\text{CO}_2 + 10\% \text{Ar}$ повышается жидкотекучесть металла, что снижает привариваемость капель металла к поверхности изделия. Поэтому в качестве защитной среды целесообразнее использовать смесь $\text{CO}_2 + 10\% \text{Ar}$ » [11]. Дальнейшие изыскания будут направлены на разработку источника питания импульсной дуги для механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.3 Способ импульсной сварки

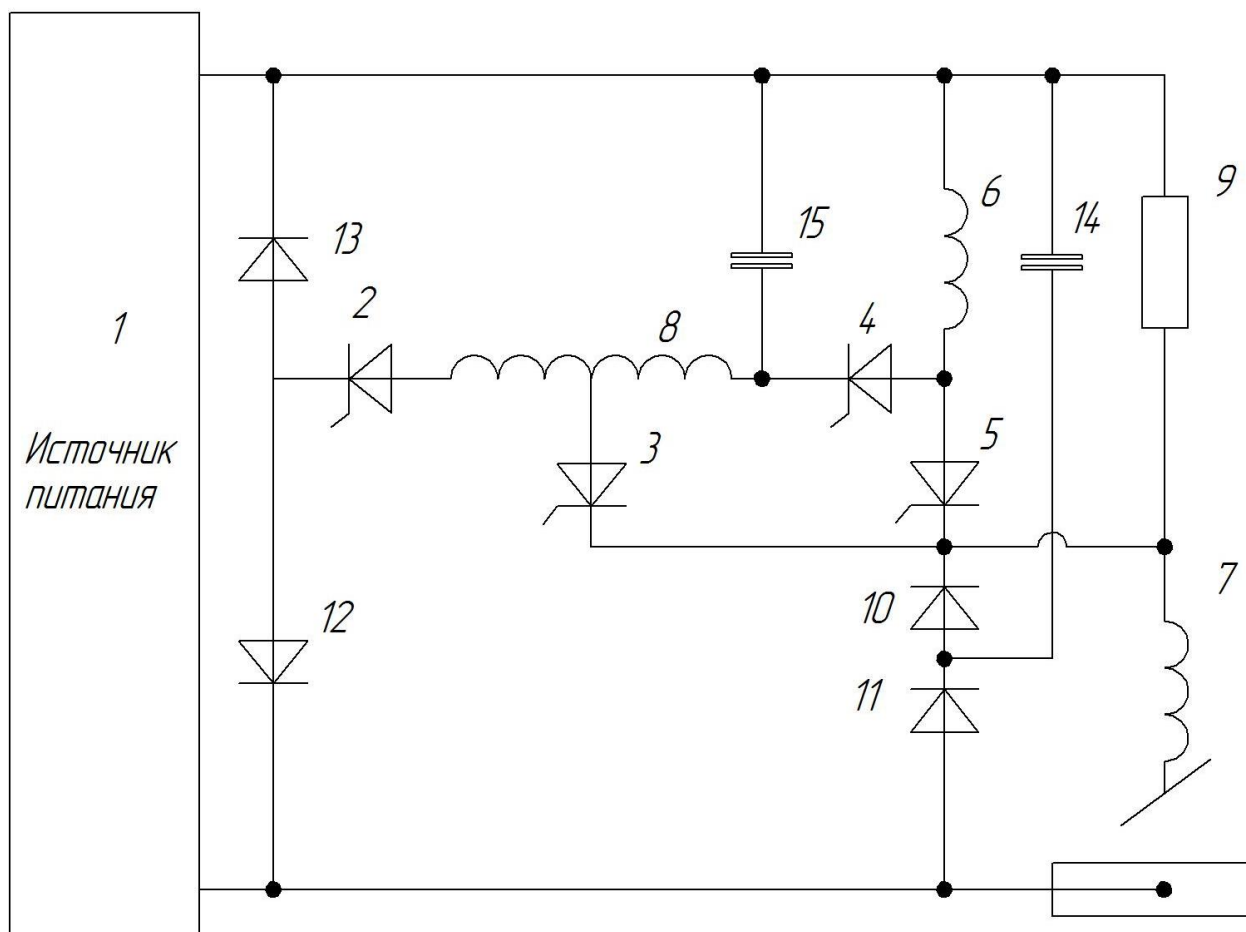
Устройство для импульсного управления сварочной дугой [3], [9] включает в себя согласно рисунку 13: 1 - сварочный выпрямитель; 2 - зарядный тиристор; 3 - дополнительный зарядный тиристор; 4 - вспомогательный тиристор; 5 - силовой тиристор; 6 - коммутирующий дроссель; 7 - сварочный дроссель; 8 - зарядный дроссель; 9 - шунтирующий резистор; 10,11 - цепочка диодов; 12 - блокирующий диод; 13 - перезарядный диод; 14 - фильтрующий конденсатор; 15 - коммутирующий конденсатор.

При работе сварочной установки в режиме холостого хода коммутирующий конденсатор «происходит предварительный заряд коммутирующего конденсатора 15 до напряжения, которое позволит отключить силовой тиристор 5 при достижении сварочного тока своего максимального значения. Коммутирующий конденсатор 15 заряжается по цепи: сварочный выпрямитель 1 – коммутирующий конденсатор 15 – зарядный дроссель 8 – зарядный тиристор 2 – блокирующий диод 12» [9]. После зарядки на верхней обкладке коммутирующего конденсатора 15 напряжение имеет положительный потенциал.

При работе сварочной установки в режиме горения дежурной дуги коммутирующий конденсатор 15 предварительно заряжен и «имеет на верхней обкладке положительный потенциал; тиристоры 3, 4 и 5 закрыты. Ток паузы протекает через шунтирующий резистор 9, сварочный дроссель 7 и дуговой промежуток. Фильтрующий конденсатор 14 подключен параллельно шунтирующему резистору 4 через диод 10. Этот конденсатор заряжен до напряжения, величина которого определяется падением напряжения на шунтирующем резисторе 4» [9].

После включения «силового тиристора 5 начинается протекание тока в цепи: сварочный выпрямитель 1 – коммутирующий дроссель 6 – силовой тиристор 5 – сварочный дроссель 7 – дуговой промежуток – «минус»

сварочного выпрямителя 1. При открытии силового тиристора 5 начинается разрядка фильтрующего конденсатор фильтра 14, ток разрядки идёт по цепи: коммутирующий дроссель 6 – силовой тиристор 5 – сварочный дроссель 7 – дуговой промежуток – диод 7. В результате через дуговой промежуток протекает кратковременный импульс тока, который стабилизирует горение сварочной дуги» [9].



1 - сварочный выпрямитель; 2 - зарядный тиристор; 3 - дополнительный зарядный тиристор; 4 - вспомогательный тиристор; 5 - силовой тиристор; 6 - коммутирующий дроссель; 7 - сварочный дроссель; 8 - зарядный дроссель; 9 - шунтирующий резистор; 10,11 - цепочка диодов; 12 - блокирующий диод; 13 - перезарядный диод; 14 - фильтрующий конденсатор; 15 - коммутирующий конденсатор

Рисунок 13 – Предлагаемое устройство для сварки

При работе сварочной установки «в режиме горения дуги разрядный импульс коммутирующего конденсатора 6 задерживается и совмещается с импульсом сварочного тока. Перезаряд коммутирующего конденсатора 6

происходит через дополнительный зарядный тиристор 3. Ток перезарядки коммутирующего конденсатора 6 проходит по цепи: «плюс» сварочного выпрямителя 1 – коммутирующий конденсатор 6 – секция зарядного дросселя 8 – дополнительный зарядный тиристор 3 – сварочный дроссель 7 – дуговой промежуток – «минус» сварочного выпрямителя 1» [9].

На рисунке 14 изображены диаграммы тока и напряжения при сварке с использованием предлагаемого устройства.

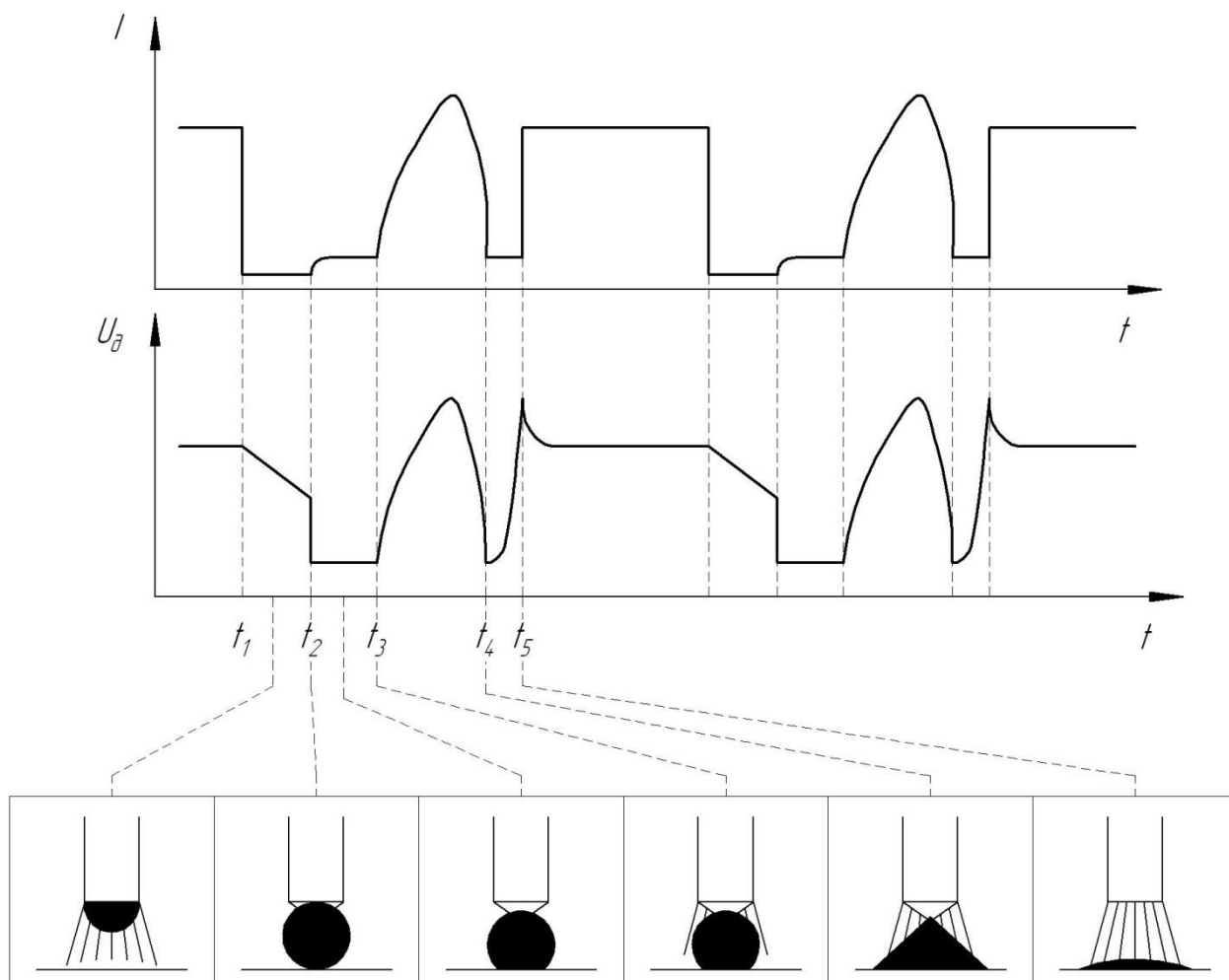


Рисунок 14 – Диаграммы тока и напряжения при сварке

В момент времени t_1 происходит резкое снижение сварочного тока, для чего выполняется включение силового тиристора 5 (включением вспомогательного тиристора 9). На интервале времени t_1 - t_3 величина протекающего через дуговой промежуток тока ограничивается резистором 9. В момент времени t_2 происходит короткое замыкание (касание капли

расплавленного металла поверхности сварочной ванны). На интервале времени t_2-t_3 происходит включение дополнительного зарядного тиристора 3. На этом этапе происходит слияние капли электродного металла со сварочной ванной. На интервале времени t_3-t_4 через дуговой промежуток протекает импульс зарядного тока, ускоряющий переход капли расплавленного электродного металла в сварочную ванну за счёт электродинамических сил. Импульс зарядного тока заканчивается до окончания короткого замыкания. На интервале времени t_4-t_5 ток через дуговой промежуток ограничивается резистором 9, в результате чего разрыв переключки между торцом электрода и каплей металла происходит при небольшом токе паузы. После разрыва переключки включается силовой тиристор 5 (момент времени t_5), через дуговой промежуток в этом случае протекает сварочный ток, и далее процесс повторяется.

В результате использования предлагаемого устройства для сварки появляется возможность:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла;
- существенно повысить проплавливающую способность дуги;
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния;
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.

2.4 Проектная технология сборки и сварки навеса

Технологический процесс изготовления включает в себя последовательное выполнение следующих операций: очистка поверхности проката, правка проката, разметка и механическая резка, транспортировка, сборка с прихваткой, сварка, контроль качества.

Для очистки поверхности проката применяется переносная пескоструйная установка DBS-100 или DBS-200. Параметры пескоструйной

очистки: рабочее давление воздуха – 10 бар, диаметр сопла – 11 мм, расход воздуха – 11,6 м³/мин, расход абразива – 50 кг/м², абразив – SA 3.

При кривизне проката более 5 мм на 1000 мм необходимо выполнить его правку. Правку сортового проката выполняют на машине JZJ20-40. Параметры правки: скорость правки – 0,25...0,5 м/с, момент правки – 600 кгс·м, входящий угол - 90°20'. Правка на сортоправильной машине позволяет устранить общую волнистость проката и его местные деформации вдоль оси.

Разметку проката перед резкой осуществляют при помощи металлических рулеток со шкалой точности не ниже 2-го класса по ГОСТ 7520, линейек длиной 1000 мм и угольника. Предельные отклонения разметки должны составлять не более 1,0 мм.

Механическая резка проката выполняется на ленточнопильном станке JET HVBS-56M 414458M. Материал полотна – сталь 25Х6ВФ, передний угол зуба – 0°, разводка зубьев – стандартная, шаг зуба – постоянный 14 мм, скорость реза – 40 м/мин, натяжение полотна – 300 Н/мм.

Транспортировка заготовок выполняется крюковым однобалочным краном грузоподъёмностью 2 т. Скорость движения при транспортировке – 40 м/мин, скорость перемещения тали – 25 м/мин.

Сборку заготовок выполняем на стенде, представленном на рисунке 6, позволяющем осуществлять размещение и фиксирование заготовок. Сборочная оснастка должно обеспечивать задание геометрии и конструкции, жёсткость закрепления, плотность прижатия деталей друг к другу. Перемещение элементов конструкции не должно приводит к нарушению сборки. В процессе сборки величина зазора между деталями не должна превышать 2 мм.

Для выполнения прихваток и сварки применяется механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения.

В качестве источника питания применяется выпрямитель ВС-300, представленный на рисунке 15 а. В качестве механизма подачи проволоки – Форсаж-МПм, представленный на рисунке 15б.



Рисунок 15 – Оборудование для прихватки и сварки: выпрямитель ВС-300 (а) и механизм подачи проволоки Форсаж-МПм (б)



Рисунок 16 – Сварочные материалы: проволока Св-08ГС (а) и баллоны с углекислым газом (б)

Таблица 6 – Содержание химических элементов в сварочной проволоке Св-08ГС

C, %	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

Таблица 7 – Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08ГС

Предел текучести $\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	Предел прочности $\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	Относительное удлинение $\delta, \%$	Ударная вязкость KCV	
			$^{\circ}\text{C}$	Дж/см ²
450	550	30	-20 $^{\circ}\text{C}$	65

Таблица 8 – Параметры режима механизированной сварки

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

В качестве сварочной проволоки используется проволока Св-08ГС диаметром 1,6 мм, внешний вид которой представлен на рисунке 16а. В качестве защитного газа применяется углекислый газ, баллоны с которым согласно рисунку 16б поставляются на сварочный участок.

Выводы по второму разделу

В ходе выполнения второго раздела был выполнен анализ возможных способов сварки изделия. Были рассмотрены преимущества и недостатки ручной дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения и механизированной сварки порошковой самозащитной проволокой. Принято решение при составлении проектной технологии сварки использовать механизированную сварку в защитных газах.

При анализе способов повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах были рассмотрены импульсное управление сварочной дугой и использование смеси газов «аргон + углекислый газ».

Для сварки предложено использовать формирователь импульсов, осуществляющий импульсное управление сварочной дугой.

Составлена проектная технология сборки и сварки изделия, в которой сварочные операции с использованием ручной дуговой сварки изменены на механизированную сварку в защитном газе с импульсным управлением дугой.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при изготовлении навеса над стоянкой автомобиля. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартных средств и мероприятий. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций согласно таблице 9: очистка поверхности проката, правка проката, разметка и механическая резка, сборка с прихваткой, сварка, контроль качества.

Для выполнения первой операции применяются: переносная пескоструйная установка DBS-100 или DBS-200, абразив SA-3, воздух сжатый.

Для выполнения второй операции применяются: сортоправильная машина JZ-20-40 линейка металлическая, маркер по металлу.

Таблица 9 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) очистка поверхности проката	Слесарь-сборщик	Переносная пескоструйная установка DBS-100 или DBS-200	1) Абразив SA-3 2) Воздух сжатый 3) Рукавицы
2) правка проката	Слесарь-сборщик	1) Сортоправильная машина JZ-20-40 2) Линейка металлическая	Маркер по металлу
3) разметка и механическая резка	Слесарь-сборщик, электросварщик	1) Металлическая линейка 1000 мм 2) Рулетка металлическая 5 м 3) Угольник; 4) Чертилка 5) Лентопильный станок JET HVBS	1) Маркер по металлу 2) Рукавицы
4) сборка с прихваткой	Электросварщик	1) Сборочное приспособление 2) Струбцины 3) Сварочный выпрямитель ВС-300 4) Полуавтомат Форсаж-МПм	1) Проволока Св-08ГС 2) Абразивный круг 3) Углекислый газ
5) сварка	Электросварщик	1) Сборочное приспособление 2) Струбцины 3) Сварочный выпрямитель ВС-300 4) Полуавтомат Форсаж-МПм	1) Проволока Св-08ГС 2) Абразивный круг 3) Углекислый газ
6) контроль качества	Дефектоскопист	1) набор визуально-измерительного контроля;	масло

Для выполнения третьей операции применяются: металлическая линейка 1000 мм, рулетка металлическая 5 м, угольник, чертилка, лентопильный станок JET HVBS.

Для выполнения четвертой операции применяются: сборочное приспособление, струбцины, сварочный выпрямитель ВС-300, полуавтомат Форсаж-МПм, углекислый газ, сварочная проволока Св-08ГС.

Для выполнения пятой операции применяются: сборочное приспособление, струбцины, сварочный выпрямитель ВС-300, полуавтомат Форсаж-МПм, углекислый газ, сварочная проволока Св-08ГС.

Для выполнения шестой операции применяются: универсальный шаблон сварщика УШС-3, карманная лупа ЛАП-4.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса согласно таблице 10.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса.

Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) очистка поверхности проката	- 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;	Переносная пескоструйная установка DBS-100 или DBS-200

Продолжение таблицы 10

1	2	3
2) 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; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - сортоправильная машина - линейка металлическая - угольник - заготовки
3) 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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - Лентопильный станок JET HVBS - линейка металлическая - угольник - заготовки
4) сборка с прихваткой	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - универсальная сварочная оснастка; - трубки; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
5) сварка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - универсальная сварочная оснастка; - трубки; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
б) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 	<ul style="list-style-type: none"> - набор визуально-измерительного контроля

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 11 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 12, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 13.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

Таблица 12 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 13 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Нет необходимости
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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 14.

Таблица 14 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки (механизированная и автоматическая сварка)	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 15 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 16.

Таблица 15 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сборка и сварка (механизованная и автоматическая сварка)	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 16 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
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.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки рассматриваемого изделия.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки емкости цистерны с применением механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов проволокой сплошного сечения позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности сварки навеса над стоянкой автомобиля. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитном газе. Для повышения эффективности механизированной сварки предложено применять импульсное управление горением дуги.

Технология предусматривает последовательное выполнение операций: очистка поверхности проката, правка проката, разметка и механическая резка, сборка с прихваткой, сварка, контроль качества.

При выполнении базовой технологии сварки применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Для выполнения прихваток и сварных швов в проектной технологии предложено ручную дуговую сварку заменить на механизированную сварку в среде защитного газа.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблице 17.

Таблица 17 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

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
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Цоб$	Руб.	250 тыс.	400 тыс.
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	25	40
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$На$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Цэ-э$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	500	500
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных согласно таблице 17: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{н} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{э} = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

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

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{\text{шт.баз}} = 40 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 70 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 25 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 44 \text{ ч.}$$

Годовая программа Π_{Γ} выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ и согласно (3) штучного времени $t_{\text{шт}}$:

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

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

$$\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/70 = 29 \text{ навесов за год;}$$

$$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/44 = 47 \text{ навесов за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 10$ навесов в год.

При этом необходимое количество $n_{\text{расч}}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{\text{вн}}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{\text{вн}} = 1,03$):

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

Требуемое количество оборудования $n_{\text{расч}}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{\text{РАСЧ.Б}} = \frac{70 \cdot 10}{2054 \cdot 1,03} = 0,33, \quad n_{\text{РАСЧ.ПР}} = \frac{44 \cdot 10}{2054 \cdot 1,03} = 0,21.$$

Необходимое количество оборудования $n_{\text{пр}}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На

основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{\text{пр}} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

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

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,33/1 = 0,33,$$

$$K_{3п} = 0,21/1 = 0,21.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут сварочные штучные электроды. При механизированной сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитный газ и сварочная проволока.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов:

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

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = 5744 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = 1140 + 8760 = 9900 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии,

рассчитаем с учётом штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента $K_д$ доплат:

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

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{осн.баз.} = 70 \cdot 200 \cdot 1,88 = 26320 \text{ руб.},$$

$$Z_{осн.проектн.} = 44 \cdot 200 \cdot 1,88 = 16544 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{осн}$ и коэффициента $K_{доп}$ дополнительных доплат ($K_{доп} = 12 \%$):

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

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{доп.базов.} = 26320 \cdot 12/100 = 3158 \text{ руб.},$$

$$Z_{доп.проектн.} = 16544 \cdot 12/100 = 1985 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{осн}$ и дополнительной $Z_{доп}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{базов.} = 26320 + 3158 = 28478 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 16544 + 1985 = 18529 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{сн}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды:

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сс баз.}} = 28478 \cdot 34 / 100 = 9683 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сс проектн.}} = 18529 \cdot 34 / 100 = 6300 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{\text{об}}$ на амортизацию и $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию:

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

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

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

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 70 / 2054 / 100 = 1832 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 400000 \cdot 21,5 \cdot 44 / 2054 / 100 = 1842 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$ для предприятий, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и КПД оборудования:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{эз баз}} = 70 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 8000 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{эп пр}} = 44 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 6626 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{\text{об баз.}} = 1832 + 8000 = 9832 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 1842 + 6626 = 8468 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{СС}} + Z_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 5744 + 28478 + 9683 + 9832 = 53737 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 9900 + 18529 + 6300 + 6468 = 41197 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (15)$$

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 53737 + 1,5 \cdot 26320 = 53737 + 39480 = 93217 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 41197 + 1,5 \cdot 16544 = 41197 + 24816 = 66013 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 93217 + 1,15 \cdot 26320 = 93217 + 30268 = 123485 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 66013 + 1,15 \cdot 16544 = 66013 + 19026 = 85038 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 18.

Таблица 18 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>М</i>	5744	9900
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	28478	18529
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	9683	6300
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	9832	6468
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	53737	41197
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	39480	24816
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	93217	66013
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	30268	19026
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	123485	85038

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $Ц_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з. б.}}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

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

Остаточную стоимость $Ц_{об.б.}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $Ц_{перв.}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

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

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

$$Ц_{об.баз.} = 250000 - (250000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 142500 \text{ руб.},$$

$$K_{ОБЩ.Баз.} = 1 \cdot 142500 \cdot 0,33 = 47025 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{общ. пр.}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{об. пр.}$, вложений в производственные площади $K_{пл. пр.}$, сопутствующих вложений $K_{соп.}$:

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

Капитальные вложения $K_{об. пр.}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $Ц_{об. пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ по проектному варианту:

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

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{об. пр.} = 400000 \cdot 1,05 \cdot 0,21 = 88200 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{соп.}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{дем}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{монт}$ проектного оборудования:

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

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $C_{\text{б}}$ и $C_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

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

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

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

$$K_{\text{дем}} = 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 400000 \cdot 0,05 = 20000 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 20000 + 12500 = 32500 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ. пр.}} = 88200 + 32500 = 120700 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ и $K_{\text{общ. б.}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

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

$$K_{\text{доп}} = 120700 - 47025 = 73675 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $P_{\text{г}}$:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\text{г}}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 47025/10 = 4703 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 120700/10 = 12070 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{70 - 44}{44} \cdot 100\% = 60\%$$

Расчёт повышения производительности труда Π_T при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 60}{100 - 60} = 150\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{ТЕХ}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{C_{ТЕХБ} - C_{ТЕХПР}}{C_{ТЕХБ}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{53737 - 41197}{53737} \cdot 100\% = 23\%$$

Расчёт условно-годовой экономии $Pr_{ож}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^{\text{б}} - C_{зав}^{\text{пр}} \right) \cdot П_{Г} . \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (123485 - 85038) \cdot 10 = 384500 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{ок}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{у.г.}} . \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{ок} = \frac{73675}{384500} = 0,2$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_{г}$, получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

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

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\mathcal{E}_{г} = 384500 - 0,33 \cdot 73675 = 360088 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии сборки и сварки применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных

работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения с импульсным горением сварочной дуги. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 60 %, повышение производительности труда на 150 %, уменьшение технологической себестоимости на 23 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 385 тыс. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 360 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении навесов над стоянкой автомобиля.

При выполнении базовой технологии сборки и сварки применяется ручная дуговая сварка. Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами: малая производительность выполнения сварочных работ, работа сварщика в тяжёлых условиях, низкая стабильность качества сварки, повышенный расход электродного материала на разбрызгивание и огарки.

Анализ преимуществ и возможных способов сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

При анализе способов повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах были рассмотрены импульсное управление сварочной дугой и использование смеси газов «аргон + углекислый газ». Для сварки предложено использовать формирователь импульсов, осуществляющий импульсное управление сварочной дугой.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 360 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели. Полученные результаты предлагается внедрить при изготовлении защитных каркасных конструкций.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
2. Дятлова В. Н. Коррозионная стойкость металлов и сплавов. М. : Машиностроение, 1964. 351 с.
3. Крампит А. Г. Разработка и исследование процесса сварки в CO₂ в щелевую разделку при импульсном питании : Диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук, Юрга: Томский политехнический университет. 2003.
4. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
5. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
6. Кусков Ю. В., Полищук Г. Н. Эволюция производства сварочных материалов и перспективы нового тысячелетия // II Международная конференция по сварочным материалам стран СНГ: Сб. докл. Орел. 2001. С 97–98.
7. Мойсов Л. П. Порошковая проволока – сварочный материал XXI века. // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2002. № 9. С. 7-10.
8. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие / С. М. Белинский, А. Ф. Гарбуль, В. Г. Гусаковский [и др.]; под ред. В. В. Смирнова. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
9. Патент РФ № 2190510 Устройство для сварки / А. Ф. Князьков, С. А. Князьков, Н. Ю. Крампит. В23К9/09. 2002.
10. Поволоцкий Д. Я. Основы технологии производства стали. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2000. 189 с .
11. 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.

12. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : ЭкоТехнолопя, 2007. 192 с.

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

14. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

15. 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.

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

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

18. Шлепаков, В. Н., . Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

19. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.

20. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.

21. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.

22. Shammazov A. M. Tsenev N. K., Suhanov V.D., Selskii B. E The structure of grain Boundaries and the processes of failure in the ferrite-pearlitic

steels // *Intergranular and Interphase Boundaries in Materials*. Ed. By P. Lejcek, V. Paidar. Trans Tech Publications, 1998. P. 665–668.

23. Yamamoto H., Okazaki K., Harata S. The effect of short circuiting current control on the spatter generation in CO₂ arc welding // *Intern. Inst. of Welding : Doc. 212-649–86*. 1986. P. 1–17.

24. Yamamoto, T., Ohji T., Miyasaka F., Tsuji Y. Mathematical modeling of metal active gas arc welding // *Sci. and Technology of Welding & Joining*. 2002. № 4. P. 260–264.

25. Wang, F., Hou W. K., Hu S. J. Modelling and analysis of metal transfer in gas metal arc welding // *J. Phys. D: Applied Physics*. 2003. vol. 36. P. 1–19.