

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)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сборки и сварки мебели из нержавеющей
стали для пищевой промышленности

Студент

В.А. Иванов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки конструкций из нержавеющей стали. Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью. Проектный вариант технологии предполагает применение механизированной сварки в защитном газе с импульсным управлением горением дуги.

В ходе подготовки исполнительной части были выполнены следующие работы: повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию; задать оптимальные параметры режима сварки; обосновать выбор сварочных материалов; спроектировать специализированное сборочное приспособление, повышающее производительность сборки и сварки.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 2,0 млн. рублей.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при сварке деталей нержавеющей сталей.

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния вопроса	7
1.1 Описание изделия.	7
1.2 Сведения о материале изделия.	8
1.3 Базовая технология сварки.	10
1.4 Обоснование выбора способа сварки	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	19
2 Проектная технология сварки	21
2.1 Повышение эффективности сварки	21
2.2 Выбор защитного газа	24
2.3 Проектирование сборочно-сварочного приспособления	25
2.4 Назначение параметров режима сварки	31
2.5 Требования к сварочным материалам	33
Заключение по второму разделу	34
3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений ...	35
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений	36
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	38
3.5 Обеспечение экологической безопасности технологического объекта	40
3.6 Заключение по разделу	41
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	42
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов ..	42
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	44
4.3 Расчет штучного времени	45

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки . . .	49
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам	56
4.6 Расчётное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений	60
Заключение по экономическому разделу	63
Заключение	64
Список используемой литературы	65

Введение

В настоящее время экономика Российской Федерации готовится к новым достижениям. Как сказал Президент РФ В.В. Путин «...времени на раскачку нет, нам нужен прорыв...». В связи с этим актуальным будет повышение собираемости налогов с рядовых граждан и среднего бизнеса.

Самой востребованной отраслью в сфере обслуживания является общепит. Потребность в питании будет всегда высокой независимо от благосостояния россиян. Поэтому будет оставаться актуальным вопрос повышения эффективности производства мебели для пищевой промышленности.

В настоящее развитие российской промышленности основывается на обязательной и повсеместной легализации и сертификации. В связи с этим при производстве товаров должны использоваться эффективные и современные технологии. Конец 20-го – начало 21 века в России ознаменовывается переходом от кустарного и полукустарного производства к легализованному, использующему все достижения российской и мировой технической науки. Если современное предприятие не будет в состоянии поддерживать требуемый технический уровень и культуру производства, то оно неминуемо будет вытеснено в рынка.

Для сварки нержавеющей сталей используются инертные защитные газы (аргон, гелий), активные газы (углекислый газ, азот), а также смеси инертных и инертных с активными газами. Сварку в инертных газах выполняют как неплавящимся, так и плавящимся электродом.

К достоинствам сварки неплавящимся электродом можно отнести высокую коррозионную стойкость сварного соединения, отсутствие брызг, высокую прочность и плотность металла швов, отсутствие выгорания легирующих элементов и практически полный их переход из присадочной проволоки в шов. Однако применение этого процесса сварки ограничивается следующими недостатками: относительно низкой производительностью;

потребностью в дорогостоящих материалах (аргоне, гелии, вольфраме); необходимостью частой заточки вольфрамового электрода для получения постоянства геометрических размеров шва; применение осцилляторов для возбуждения дуги приводит к быстрому выходу из строя сварочного оборудования

Повышение эффективности общественного производства основано прежде всего на ускоренном развитии машиностроения, в котором ведущее место принадлежит отраслям металлообработки и, в частности, сварочному производству. Среди всех способов сварки в промышленности наибольшее распространение получила электрическая дуговая сварка, которая в ближайшем будущем останется основным процессом соединения металлов. Все в больших масштабах в производстве применяется сварка в защитных газах, в том числе, углекислом.

Так, воздействие на свойства сварочной дуги, приводящие к изменению ее энергетических характеристик, позволяет повысить производительность и качество соединений. Это позволит более экономно расходовать конструкционные и особенно сварочные материалы. Причем максимальный экономический эффект может быть получен при сварке относительно дорогих и дефицитных высоколегированных сталей, к ним относятся коррозионностойкие, нержавеющие стали. Достижения в области управления горением сварочной дуги позволяют заменить дорогостоящую и низкопроизводительную аргонодуговую сварку неплавящимся электродом на механизированную сварку в среде активных газов.

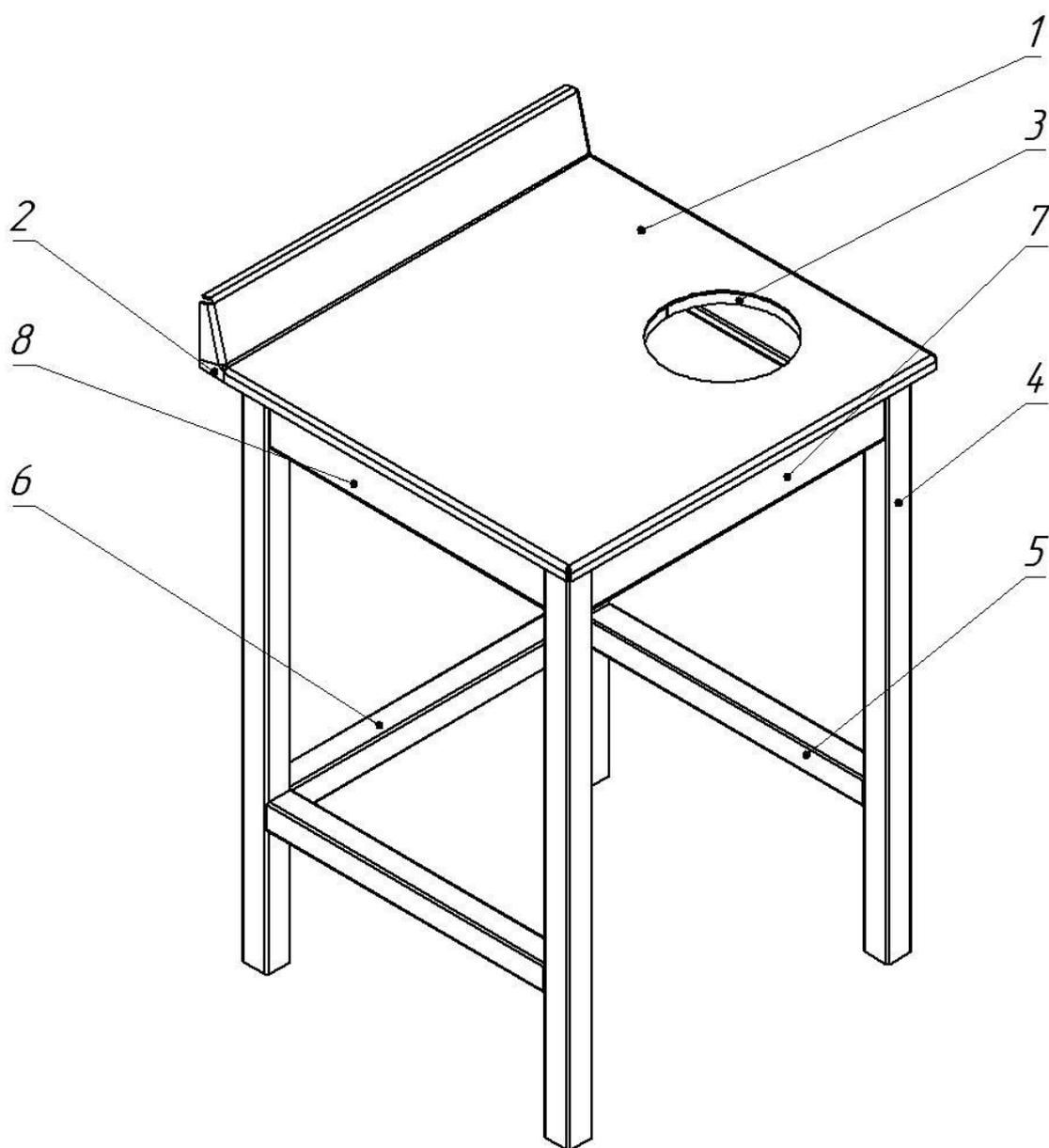
В связи с этим, настоящая выпускная квалификационная работа посвящена актуальной тематике замены ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом на механизированную сварку в активном газе на примере конкретного производства.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении мебели из нержавеющей стали.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Описание изделия

Типовым изделием для пищевой промышленности является разделочный стол (рис. 1.1). Стол имеет отверстие для сброса пищевых отходов.



1 – столешница; 2 – заглушка; 3 – обечайка; 4 – ножка стола; 5, 6 – перемычки ножек малые; 7 – бортик вставной; 8 - перегородка

Рисунок 1.1 – Стол разделочный

Столешница выполнена из нержавеющей стали толщиной 3 мм. Каркас стола выполнен из профильной трубы 40×40 мм с толщиной стенки 1,5 мм. Разделочный стол может быть использован на кухнях ресторанов, кафе, столовых, а также на любых предприятиях общественного питания.

Стол изготавливается из стали AISI 304 (аналог 08X18H10).

Соединение элементов конструкции производится при помощи сварки неплавящимся электродом в инертном газе.

1.2 Сведения о материале изделия

Стол изготавливается из стали AISI 304 (аналог 08X18H10). Эта сталь аустенитного класса используется в конструкциях, работающих в агрессивных средах и в пищевой промышленности.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали AISI 304

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Титан	Медь
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
до 0,8	до 0,8	до 0,2	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,5	до 0,3

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20°C материала сталь AISI 304

Сортамент	Размер, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %	KCU кДж / м ²
Лист	2-5	510	205	45	55	-

Сварка конструкций из стали AISI 304 имеет свои особенности, обусловленные многокомпонентностью легирования:

- в процессе эксплуатации конструкций из стали AISI 304 существует высокая опасность появления межкристаллитной коррозии металла сварного шва и "ножевой" коррозии у линии сплавления;

- при сварке конструкций из стали AISI 304 существует высокая опасность образования горячих трещин, появляющихся по причине получения чисто

аустенитной структуры металла шва;

- в процессе длительной эксплуатации при температуре свыше 350°C сварных конструкций из стали AISI 304 ухудшаются пластические свойства сварных швов. При этом, причиной охрупчивания при температурах 350...550°C является повышенное содержания феррита. Причиной охрупчивания при температурах 550...850°C является стигматизация;

- при сварке конструкций из стали AISI 304 наблюдается усиленное коробление, причиной которого является более низкие по сравнению с углеродистыми сталями теплопроводность и коэффициент термического расширения;

- значительная деформация при сварке делает необходимым применение прихваток с большей длиной и уменьшим расстоянием между прихватками, чем в случае сварки конструкций из углеродистых сталей;

- при сварке предпочтительно получать сварной шов с аустенитной структурой, так как из-за феррита в структуре металла шва снижается пластичность металла.

Низкое содержание углерода в стали AISI 304 снижает устойчивость к питтинговой и межкристаллитной коррозии под действием окружающей среды [1]. Появление ферритной и мартенситной фаз, дополнительно к аустениту, вызывает опасность межкристаллитной коррозии или коррозионного растрескивания под напряжением [2].

Соединение изделий из стали AISI 304 могут выполняться с применением ручной дуговой сварки, механизированной сварки в защитных газах, автоматической сварки под флюсом и газозлектрической сварки. Ручную дуговую сварку стали AISI 304 следует выполнять с применением электродов НИАТ-1, ЭА-400/10У и НЖ-13. Автоматическую сварку под флюсом стали для AISI 304 следует выполнять с применением проволоки Св-04Х19Н11 или Св-06Х19Н10МЗТ, в качестве флюса следует использовать флюсы АН-26, АНФ-14 или АНФ-6.

К межкристаллитной коррозии может привести перегрев. Причиной перегрева могут быть такие отклонения от параметров технологического режима сварки как высокая сила сварочного тока, низкая скорость сварки. Также необходимо при многопроходной сварке дожидаться остывания наложенного валика и затем выполнять следующий валик. Высокая температура ускоряет процессы диффузии, атомы углерода диффундируют из глубины кристалла в приповерхностную область, там соединяются с атомами хрома в карбиды и поверхностный слой обедняется хромом.

Также уменьшается количество хрома при большой длине дуги. При увеличении длины дуги ухудшается защита сварочной ванны, выгорают такие элементы как хром, титан.

При длительном действии высокой температуры атомы углерода вследствие интенсивных диффузионных процессов перемещаются к поверхности, соединяясь с атомами хрома, образуют карбиды, в результате поверхностный слой зерна аустенита обедняется хромом. Некоторые исследователи считают, что данный механизм также является инициатором межкристаллитной коррозии [4].

С учетом изложенного выработаны технологические рекомендации по сварке нержавеющей сталей – вести сварку на минимальной длине дуги и тонкими валиками, при многопроходной сварке, обеспечивая охлаждение каждого валика.

1.3 Базовая технология сварки

При сварке изделия по базовой технологии применяется сварка неплавящимся электродом в среде инертного газа (TIG).

В соответствии с базовой технологией изготовления металлической мебели сборка и сварка изделия осуществляется в цехе металлоконструкций, который содержит несколько функционально обособленных участков.

На подготовительном участке проводят подготовку металлического проката, его правку, разметку и резку. Для резки листового проката используются гидравлические ножницы НД3312Б (рис. 1.2). Для резки профильного проката используются лентопильный станок JET MBS-1321VS (рис. 1.3).



Рисунок 1.2 – Резка листовых заготовок на ножницах НД3312Б



Рисунок 1.3 – Лентопильный станок JET MBS-1321VS

В качестве главного преимущества резки металлических листов с применением гильотинных кривошипных ножниц следует выделить простоту операции и её низкую себестоимость. Однако, следует отметить, что резка на гильотинных ножницах предусматривает выполнение только прямолинейных резов и требует высокой точности подготовки листовых

заготовок. Применяемы при базовой технологии гильотинные ножницы НД3312Б российского производства, они предназначены для резки металлических листов толщиной до 6 мм, ширина которых не более 3000 мм. Эти ножницы характеризуются высокой надежностью в работе и простотой эксплуатации, для их обслуживания нет необходимости привлекать высококвалифицированный персонал. Ножницы можно эксплуатировать при отрицательных температурах окружающей среды.

Для выполнения транспортных операций применяются ручные тележки.

Для выполнения сборочно-сварочных операций используется универсальное сборочное и сварочное оборудование, размещаемое на сборочно-сварочном участке (рис. 1.4).

Перед сваркой, кромки изделий должны быть зачищены до блеска с применением стальной щетки и промыты растворителем (в качестве растворителя могут быть использованы ацетон или авиационный бензин). Промывка растворителем необходима для удаления жира, который может вызвать поры в шве и снижает стабильность горения дуги.

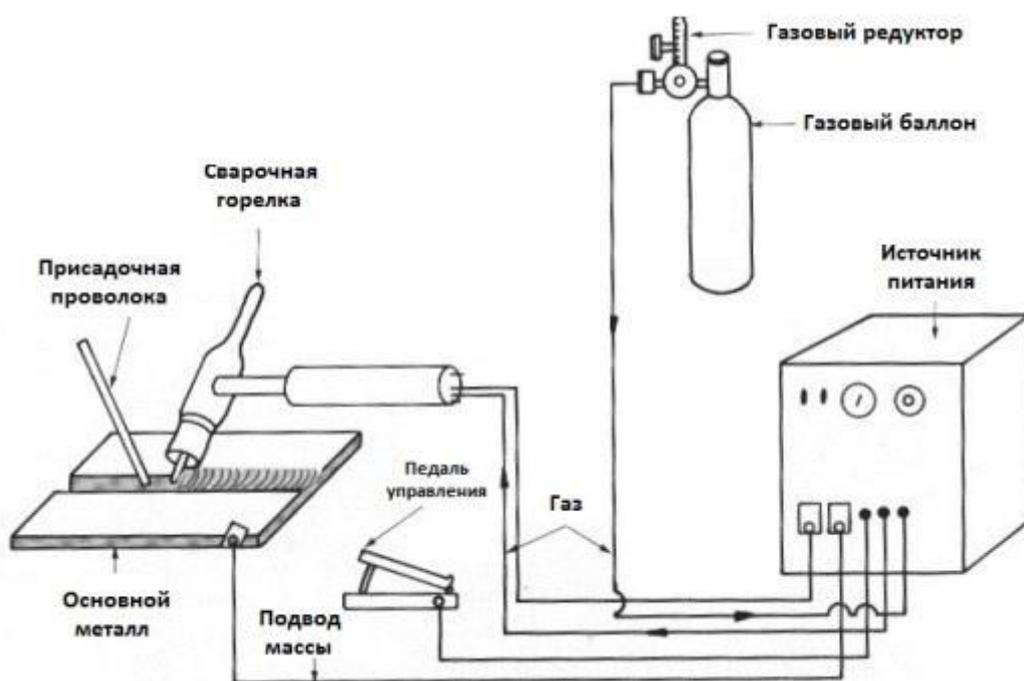


Рисунок 1.4 – Сварочный пост для аргоно-дуговой сварки

В качестве присадочного материала используют пруток ОК Tigrod 308L

Таблица 2.1 – Химический состав присадочной проволоки ОК Tigrod 308L, %

C	Si	Mn	Cr	Ni
0,01	0,5	1,7	20	10

Аргонодуговая сварка неплавящимся электродом металлических конструкций из нержавеющей стали выполняется на постоянном токе прямой полярности (минус на электроде). При ведении электрода следует поддерживать угол наклона электрода к изделию в диапазоне 60...80°, а угол между электродом и присадочной проволокой следует поддерживать приблизительно равным 90°.

Неплавящимся электродом служат прутки из лантанированного вольфрама (ТУ 48-19-27 или ГОСТ 23949). Выполняют заточку рабочего конца электрода на конус, длина зачищаемого участка составляет 10...15 мм. Перед выполнением каждого прохода электрод следует осматривать и в случае обнаружения загрязнений или разрушения следует заменить (или заточить) электрод.

Таблица 2.2 – Параметры режима сварки

Число проходов	Диаметр проволоки, мм	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Расход аргона в горелку, л/мин
1...2	1,6...2,0	50...80	10...11	6...8

Чтобы уменьшить процессы окисления металла сварного шва и обеспечить стабильное качество выполняемого соединения, сварку необходимо вести на с максимально возможной скорости, при этом площадь поверхности сварочной ванны должна быть минимальной.

В процессе сварки следует добиваться, чтобы движение электрода и присадочной проволоки было равномерно-поступательным. Допускается

совершать возвратно-поступательные перемещения присадочной проволоки, если не происходит её вывода из зоны защитного газа. Не рекомендуется вести сварку с поперечными колебаниями проволоки.

Прекращать подачу защитного газа следует через 5...10 с после обрыва дуги, дожидаясь остывания металла и электрода, это предупреждает недопустимое окисление металла сварного шва.

Рекомендуется подавать защитный газ с рабочим давлением 0,01...0,03 МПа. В качестве защитного газа применяется аргон.

В качестве источника питания применяется источник GoodWill TIG-315 Digital (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Инверторный источник питания GoodWill TIG-315 Digital

Научные работы в области аргонодуговой сварки неплавящимся электродом (TIG) за последние 20 лет были направлены, в первую очередь, на повышение производительности способа. Дело в том, что концентрации тепловой энергии у такой дуги невелика и уступает некоторым другим способам дуговой сварки.

Традиционные методы повышения производительности путем увеличения погонной энергии – больше тока и выше скорость – для нашего случая неприемлемы из-за снижения качества сварного соединения. Возможно появление таких дефектов как подрезы, раковины, пористость. В данном случае возможно воздействие на дугу направленным потоком

защитного газа. Газодинамическое воздействие на дугу улучшает формирование швов [6].

Для повышения производительности за счет увеличения мощности дуги возможно применение активирующих флюсов [7]. Но пространственное положение шва при сварке каркасных конструкций в нижнем положении достаточно редкое.

Применение продольного магнитного поля обеспечивает сжатие столба дуги и увеличение концентрации энергии и проплавляющего действия дуги [8]. Главный недостаток указанного метода для создания магнитного поля требуется дополнительное устройство, размещенное на горелке. При этом уменьшается маневренность сварщика, что важно при ремонтной сварке применительно к нашим условиям и увеличивается вес горелки.

Много работ посвящено влиянию заточки неплавящегося электрода на формирование сварного шва. Значительное влияние на распределение давления дуги оказывает угол заточки [9]. Увеличение угла заточки с 10 до 90° увеличивает коэффициент сосредоточенности.

Анализ процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG) показывает, что сварка выполняется с присутствием высокой степени ручного труда. Сварщик и присадкой выполняет манипуляции, и горелкой. Кроме того, длина присадочного прутка ограничена, приходится прерываться, брать новый присадочный прутки и зажигать по новой дуге. При этом, учитывая все нюансы сварки нержавеющей стали, кратер приходится зачищать. Таким образом, трудоемкость выполнения сварного шва получается достаточно высокая.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов. Сварка нержавеющей сталей возможна и при использовании

плавящегося электрода, традиционными способами механизированной сварки. При сварке неплавящимся электродом его необходимо часто затачивать. Также определенные неудобства доставляется необходимостью применения осцилляторов для возбуждения дуги. Кроме того, традиционно сварщик одновременно выполняет манипуляции присадочным прутом и сварочной горелкой. В целом это снижает производительность способа.

Однако у сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом есть ряд достоинств, таких как малое разбрызгивание при сварке, высокая коррозионная стойкость сварного шва. Наплавленный металл характеризуется высокими механическими характеристиками. Кроме того, при сварке практически не происходит выгорание легирующих элементов, они переходят из присадочной проволоки в наплавляемый металл без потерь.

Ранее было указано на необходимость поддержания малой длины дуги при сварке нержавеющей сталей. При сварке неплавящимся электродом легче поддерживать нужную длину дуги.

1.4 Обоснование выбора способа сварки

Сварка изделия может быть выполнена с применением различных способов:

- ручной дуговой сварки штучными электродами;
- сваркой в аргоне неплавящимся электродом;
- сваркой проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
- сваркой самозащитной порошковой проволокой.

Самым простым и давно используемым способом сварки можно считать **ручную дуговую сварку** штучными электродами (рис. 1.3, а).

Преимуществами этого способа являются простота применяющегося оборудования, составления технологии и метрологического обеспечения. При условии обеспечения равномерного плавления металла электрода и обмазки можно гарантировать качественную шлаковую защиту сварного

шва. За счёт обмазки электрода существует возможность дополнительного легирования металла шва. Несмотря на своё широкое и давнее применение, ручная дуговая сварка имеет ряд недостатков, которые в настоящий момент заставляют искать более перспективные способы сварки. Первым таким недостатком является малая производительность сварочных работ. Вторым недостатком является тяжёлые условия ручного труда сварщика. Третьим недостатком является малая стабильность качества сварки, которая существенно зависит от технологических факторов и от квалификации самого сварщика. Также следует отметить, что частая смена электродов вызывает периодическое прерывание процесса сварки и потери электродного металла на огарки.

В числе преимуществ **сварки в аргоне неплавящимся электродом** (рис. 1.3, б) можно отметить качественную защиту аргоном сварного шва от окисления воздухом. Также при сварке неплавящимся электродом обеспечивается качественное формирование корня шва. Недостатками сварки неплавящимся электродом в среде аргона являются: высокая стоимость и дефицитность аргона, высокие требования к квалификации сварщика, интенсивный износ сварочного оборудования при работе форсированных режимах.

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов (рис. 1.3, в) достаточно широко распространена и в настоящее время продолжает совершенствоваться. При этом достаточно широк диапазон применяемых сварочных материалов от малоуглеродистых сталей до среднелегированных сталей и даже нержавеющей сталей. Углекислый газ, являющийся защитной средой, считается легкодоступным и относительно недорогим.

Совершенствованию сварки в углекислом газе посвящено большое количество работ. Их анализ позволяет сделать вывод, что, улучшение условий формирования металла сварного шва может быть достигнуто при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную

ванну. Импульсное управление электрическими параметрами сварочной дуги и постоянное изменение скорости подачи электродной проволоки широко применяются в таких процессах, как ColdArc, SpeedPulse, STT, Fast Root CMT и PulseShock

В настоящее время нашли промышленное применение отечественные разработки области управления горением дуги за счёт изменения скорости подачи электродной проволоки [3]. Эти разработки основаны на применении современных электроприводов, конструкция которых основана на вентильных электродвигателях. Получена возможность задания произвольного алгоритма движения электродной проволоки.

Сварка самозащитными порошковыми проволоками (рис. 1.3, з) обладает положительными свойствами как ручной дуговой сварки, так и механизированной сварки проволоками сплошного сечения. Эта сварка предоставляет существенные производственные преимущества, особенно в монтажных условиях. При сварке самозащитными проволоками отсутствует необходимость в газовой аппаратуре (баллоны, шланги, редукторы), флюсах и флюсовой аппаратуре, применение которых может существенно усложнить процесс сварки и увеличить его трудоемкость.

На основании анализа альтернативных способов сварки примем решение выполнять сварку в проектной технологии с применением механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

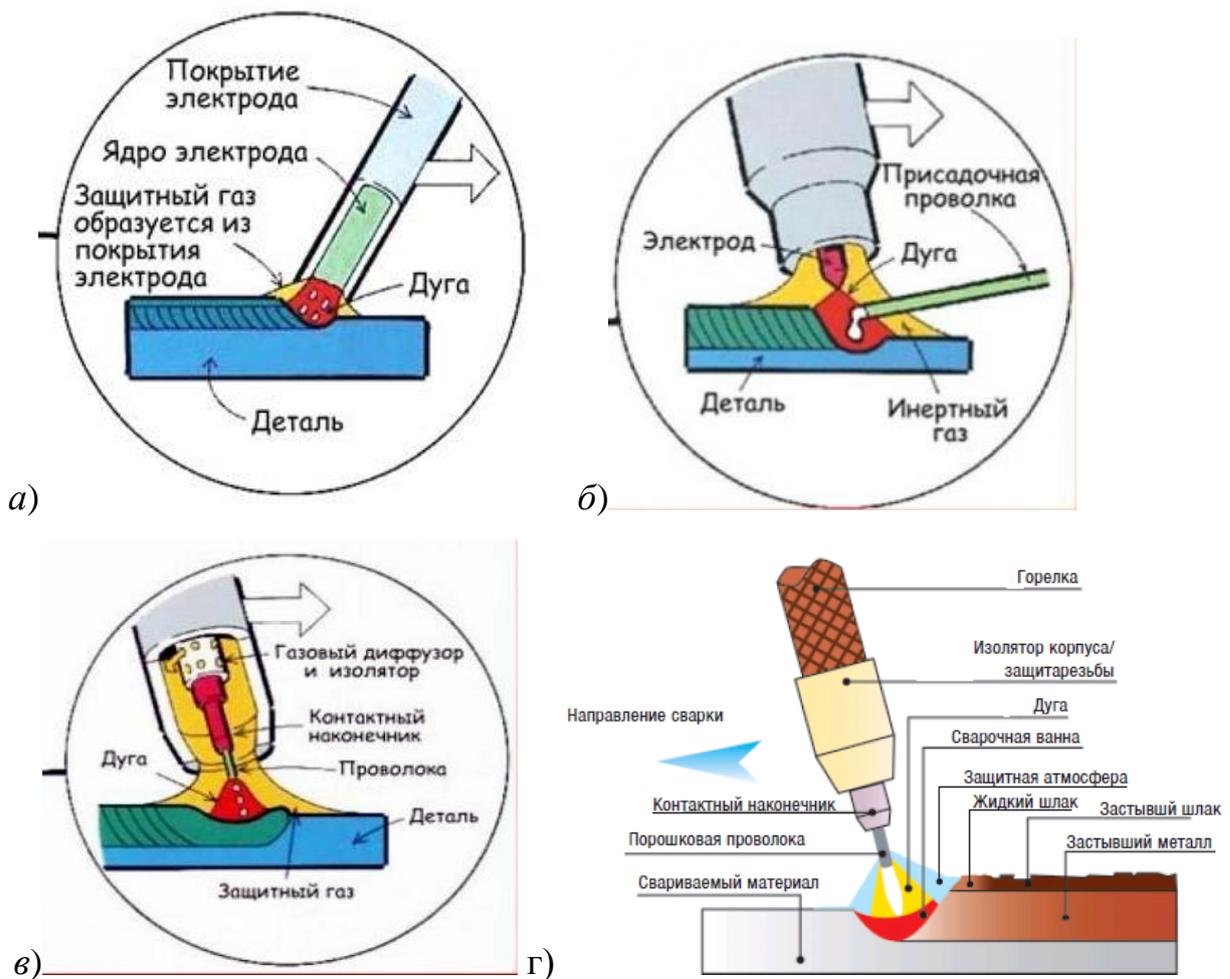


Рисунок 1.3 – Анализ возможных способов сварки: ручная дуговая сварка (а), сварка неплавящимся электродом (б), механизированная сварка в защитном газе (в), сварка самозащитной порошковой проволокой (г)

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении мебели из нержавеющей стали.

Базовая технология сварки предусматривает применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом. В ходе анализа базовой технологии выявлены её недостатки: высокая стоимость, малая производительность, необходимость частого ремонта оборудования.

Анализ альтернативных способов сварки выполнялся на базе следующих способов: ручная дуговая сварка, сварка неплавящимся электродом, механизированная сварка в защитном газе, сварка самозащитной порошковой проволокой. На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа принято решение проектную технологию составлять на базе механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию;
- 2) задать оптимальные параметры режима сварки;
- 3) обосновать выбор сварочных материалов;
- 4) спроектировать специализированное сборочное приспособление, повышающее производительность сборки и сварки.

2 Проектная технология сварки

2.1 Повышение эффективности сварки

На рис. 2.1 представлены кривые тока и напряжения при импульсном питании согласно предлагаемому способу. На интервале времени t_1 - t_2 горит дежурная дуга при минимальном токе 15...40 А. В это время за счет подачи проволоки, движения капли к соосному положению с электродом и движения сварочной ванны навстречу электроду, вследствие уменьшения газодинамического давления из-за резкого снижения тока происходит уменьшение длины дугового промежутка напряжения. При $U_d=U_3$ включают импульс тока в момент времени t_2 . Под действием электромагнитных сил капля втягивается в столб дуги и движется в сторону ванны. В момент времени t_3 происходят отрыв капли и ее ускорение в сторону сварочной ванны, а оставшаяся часть жидкого металла несколько оттесняется на боковую поверхность, создаются благоприятные условия для ввода тепла дуги в электрод, так как жидкая прослойка минимальна. На интервале t_3 - t_4 осуществляется дозирование энергии на расплавление следующей капли. Момент начала дозирования определяют по всплеску напряжения дугового промежутка в момент времени t_3 . Так как при этом не учитывается энергия данного импульса, унесенная ушедшей каплей, а учитывается только энергия на расплавление последней капли, то создаются условия для точной дозировки энергии и стабильности размеров капель.

Благодаря осуществлению этого способа с точной дозировкой энергии на расплавление капель, обеспечивающего большую квазистабильность процесса на стадии капли, улучшается формирование шва во всех пространственных положениях.

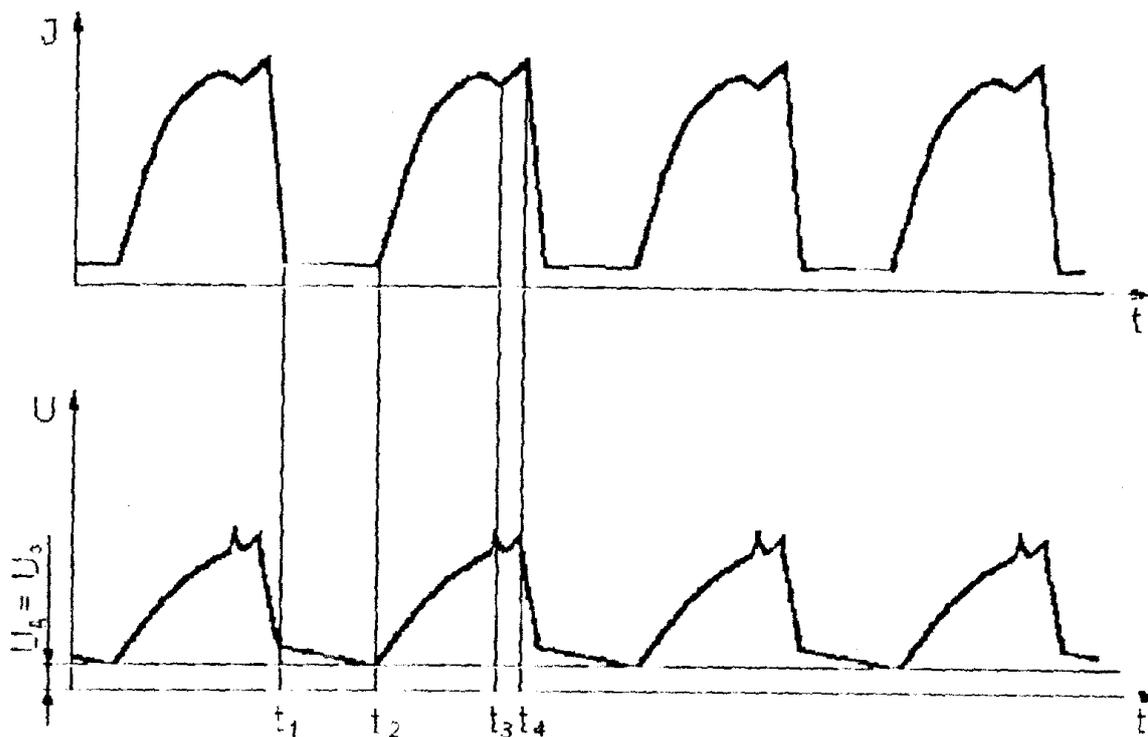


Рисунок 2.1 – Управление током в предлагаемом способе импульсно-дуговой сварки

На рис. 2.2 представлено устройство для электродуговой сварки, состоящее из источника постоянного тока ИП к выводам которого подключен фильтрующий конденсатор 1, плюс источника питания соединен с верхней обкладкой коммутирующего конденсатора 2, соединенной нижней обкладкой через зарядный дроссель 3 с анодом зарядного тиристора 4, который соединен катодом с минусом источника постоянного тока ИП. К плюсу источника постоянного тока подключен коммутирующий дроссель 5, соединенный с анодом силового тиристора 6, катод которого соединен с силовым дросселем 7, который соединен через контактный наконечник 8 и сварочную дугу с минусом источника постоянного тока, а также коммутирующего тиристора 9, соединенного анодом с анодом силового тиристора 6, а катодом - с нижней обкладкой коммутирующего конденсатора 2 и с зарядным дросселем 3. Плюс источника постоянного тока ИП соединен через контактный наконечник 10 с участком электродной проволоки между контактными наконечниками 10 и 8.

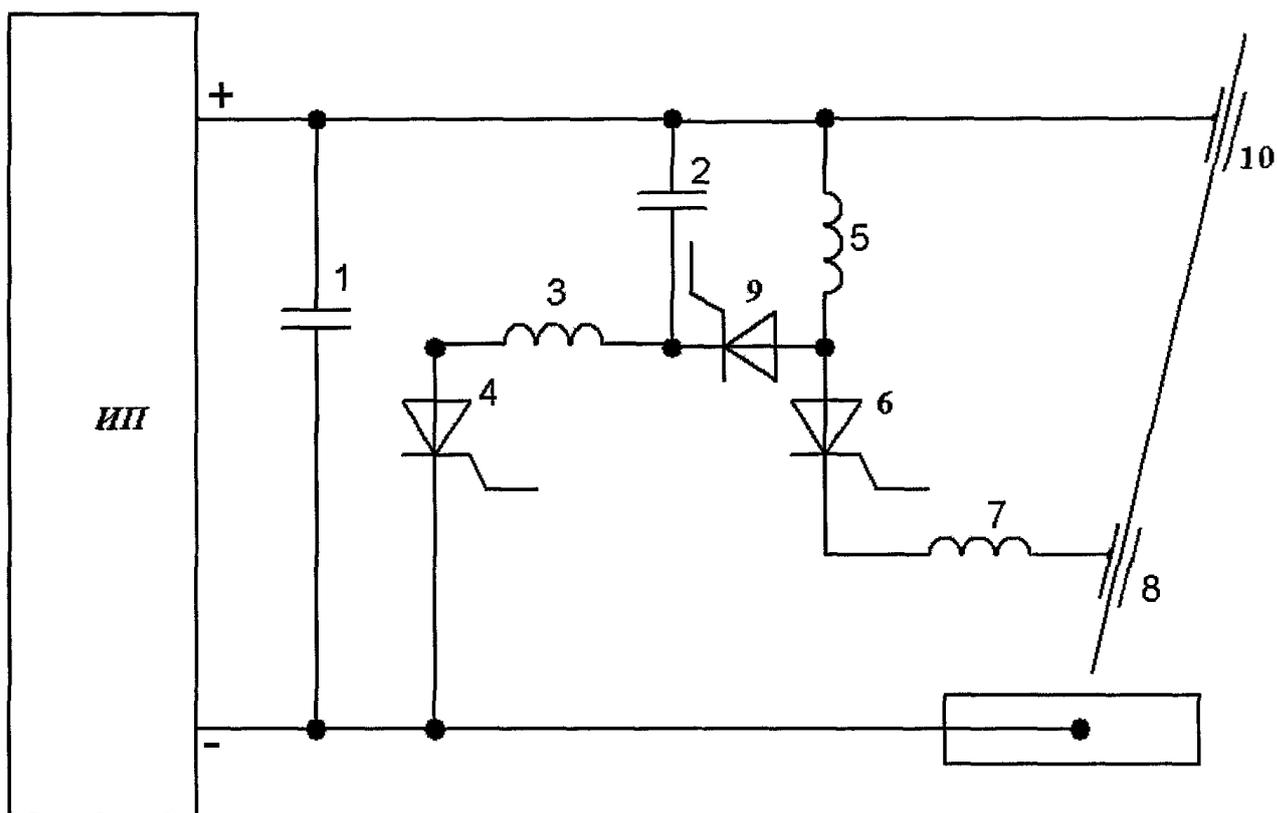


Рисунок 2.2 – Устройство для электродуговой сварки



Рисунок 2.3 – Источник питания для сварки ВС-300 (а) и подающий механизм ПДГ-421 (б)

Для управления переносом электродного металла используются импульсы, получаемые за счет протекания сварочного тока по цепи: плюс источника постоянного тока ИП - коммутирующий дроссель 5 - силовой тиристор 6 - силовой дроссель 7 - второй контактный наконечник 8 -

сварочная дуга - минус источника постоянного тока ИП. Для обеспечения протекания тока паузы при отпирании коммутирующего тиристора 9 к аноду силового тиристора 6 прилагается обратное напряжение перезаряда коммутирующего конденсатора 2 через коммутирующий дроссель 5, предварительно заряженного с помощью зарядного дросселя 3 и зарядного тиристора 4. В паузе сварочный ток протекает по цепи: плюс источника питания ИП - первый контактный наконечник 10 - участок электрода между контактными наконечниками 10 и 8 - сварочная дуга - минус источника постоянного тока ИП. Сварочный ток в паузе ограничивается за счет сопротивления вылета электрода между контактными наконечниками при этом теплота, выделяемая в вылете электрода, пойдет на повышение начальной температуры торца электрода, и во время следующих импульсов потребуются меньшее количество энергии на расплавление капель электродного металла.

Использование теплоты, выделяемой на участке между контактными наконечниками, снижает удельное теплосодержание капель электродного металла, повышает до двух раз производительность наплавки, а также повышает коэффициент полезного действия системы импульсного питания (на 10...15% в зависимости от расстояния между контактными наконечниками).

2.2 Выбор защитного газа

Особенностью механизированной дуговой сварки высоколегированной проволокой в защитном газе является высокая склонность металла к окислению в сварочной зоне и образованию в шве несплавлений и зашлаковок [11]. При сварке в среде аргона этому способствует низкая стабильность сварочной дуги, приводящая к нарушению процесса сварки и газовой защиты, а в смеси аргона с CO_2 или с кислородом — окисление металла самим защитным газом. Применяются для защиты зоны сварки и

азотосодержащий газ — азот [12], смеси аргона или CO_2 с азотом [13] или с воздухом [14, 15], но при этом, кроме того, возникает опасность образования пор в шве [14, 16]. Большой выбор разных составов защитных газов для практически похожих технологических вариантов свидетельствует о том, что разработка газовых смесей, а также развитие теории процесса сварки в защитном газе еще продолжаются, что подтверждается многочисленными публикациями на эту тему [17, 18].

В ИЭС им. Е. О. Патона было установлено [19], что дополнительное легирование аустенитного металла шва азотом при сварке позволяет, как и легирование никелем, снизить развитие структурной неоднородности в зоне сварного шва. Это объясняется как аустенизирующей способностью азота, так и его влиянием на снижение диффузии углерода.

Кроме этого, азот защищает высоколегированный металл от окисления и обеспечивает высокую стабильность процесса сварки, что предотвращает образование на поверхности шва шлаковой корки, а в металле шва — несплавлений и зашлаковок [20]. Однако в зоне сплавления с перлитной сталью могут образовываться поры [21], которые невозможно предотвратить при снижении количества азота даже до 0,5 % в смеси его с аргоном.

Устранить образование пор позволяет добавка к CO_2 азота или воздуха до 14 % с легированием металла шва азотом в количестве до 0,40 % [21].

Таким образом, для сварки применим защитную смесь из газов: (97 % CO_2 + 3 % N_2) или (96,5 % CO_2 + 3 % N_2 + 0,5 % O_2).

2.3 Проектирование сборочно-сварочного приспособления

К конструкции приспособления предъявляется ряд требований, которые следует учесть и для выбора отдельных элементов, и для разработки общей компоновки приспособления:

1) обеспечение получения приспособлением заданной точности, этого можно достичь за счет выбора соответствующей конструкции и точности

каждого элемента, который определяет ориентацию детали в приспособлении, жесткость корпуса приспособления и надежность применяемых зажимов;

2) обеспечение заданной производительности технологического процесса за счет использования механизированного зажимного механизма и механизации других рабочих операций в рамках обслуживания приспособления;

3) хорошая ремонтоспособность, для обеспечения которой необходимо выбрать соответствующую конструкцию легкоизнашивающихся элементов и способы их закрепления в приспособлении;

4) удобство в эксплуатации при обеспечении свободных подходов для установке деталей и монтаже/демонтаже узла в целом и обеспечении требований по эргономике рабочего места;

5) облегчение труда рабочих, это становится особенно важно при проектировании приспособлений для тяжелой и монотонной работы, приводящей к быстрому утомлению;

6) обеспечение безопасности работы, это достигается за счет применения зажимного механизма с самотормозящимся звеном, а также блокировочного устройства, обеспечивающего отключение оборудования в случае внезапного раскрепления узла, и защитного устройства с использованием вращающихся элементов.

При разработке конструкций сборочно-сварочного приспособлений будем ориентироваться на магнитные, как обладающие достаточной производительностью, малой утомляемостью сварщика и отсутствием затрат на сжатый воздух.

Расчёт электромагнитного привода выполним по следующему алгоритму.

1) Примем следующие начальные условия:

- род тока – постоянный;
- величина тока в катушке – 5...10 А;

- напряжение на катушке $U_{2H}=24\dots36$ В;
- тяговой усилие (усилие зажатия) $P=2$ кН;
- величина хода зажимов $\delta y=50\cdot 10^{-3}$ м
- расчётный остаточный зазор - $\Delta p= 2\cdot 10^{-3}$ м;
- материал обмоточного провода – медь М1;
- допустимая плотность тока в проводе катушки $j= 2$ А/мм²;
- допустимый режим работы ПВ=100 %
- материал магнитопровода для якоря и статора – сталь 10;
- магнитная индукция материала якоря $B=1,2$ Тл.

2) Площадь сечения якоря (рис. 2.4):

$$S_{я} = \frac{2\mu_0 P}{B^2} = \frac{2 \cdot 2\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{1,2^2} = 0,0017 \text{ м}^2.$$

3) Задавшись диаметром штока $d_{ш}= 0,014$ м, определим диаметр якоря:

$$d_{я} = \sqrt{\frac{4S_{я} + \pi d_{ш}^2}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0017 + \pi \cdot 0,014^2}{\pi}} = 0,05 \text{ м}.$$

4) Расчётная намагничивающая сила, которая будет возбуждаться в обмотке силовой катушки при данном материале якоря и статора и заданном остаточном зазоре с учётом коэффициента запаса 1,4:

$$F_{\phi} = 1,4 \cdot \frac{B\Delta p}{\mu_0} = 1,4 \cdot \frac{1,2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 2600 \omega.$$

5) Приняв ток в катушке $I_{\min}= 5$ А, определим общее число витков в ней:

$$\omega = \frac{F_{\phi}}{I} = \frac{2600}{5} = 520.$$

6) Усилие страгивания:

$$P_{cm} = \left(\frac{I_{\min} \cdot \omega}{\delta_y}\right)^2 \frac{S_{я}\mu_0}{2} = \left(\frac{5 \cdot 520}{50 \cdot 10^{-3}}\right)^2 \frac{0,0017 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{2} = 28 \text{ Н}.$$

7) Рассчитываем сечение обмотки катушки, мм²:

$$S = w_1 \frac{I}{j} = 520 \frac{5}{2} = 1300 \text{ мм}^2.$$

8) Рассчитываем площадь поперечного сечения обмотки вместе с изоляцией, где коэффициент заполнения $K_3 = 0,6$:

$$S_k = \frac{S}{K_3} = \frac{1300}{0,6} = 2200 \text{ мм}^2.$$

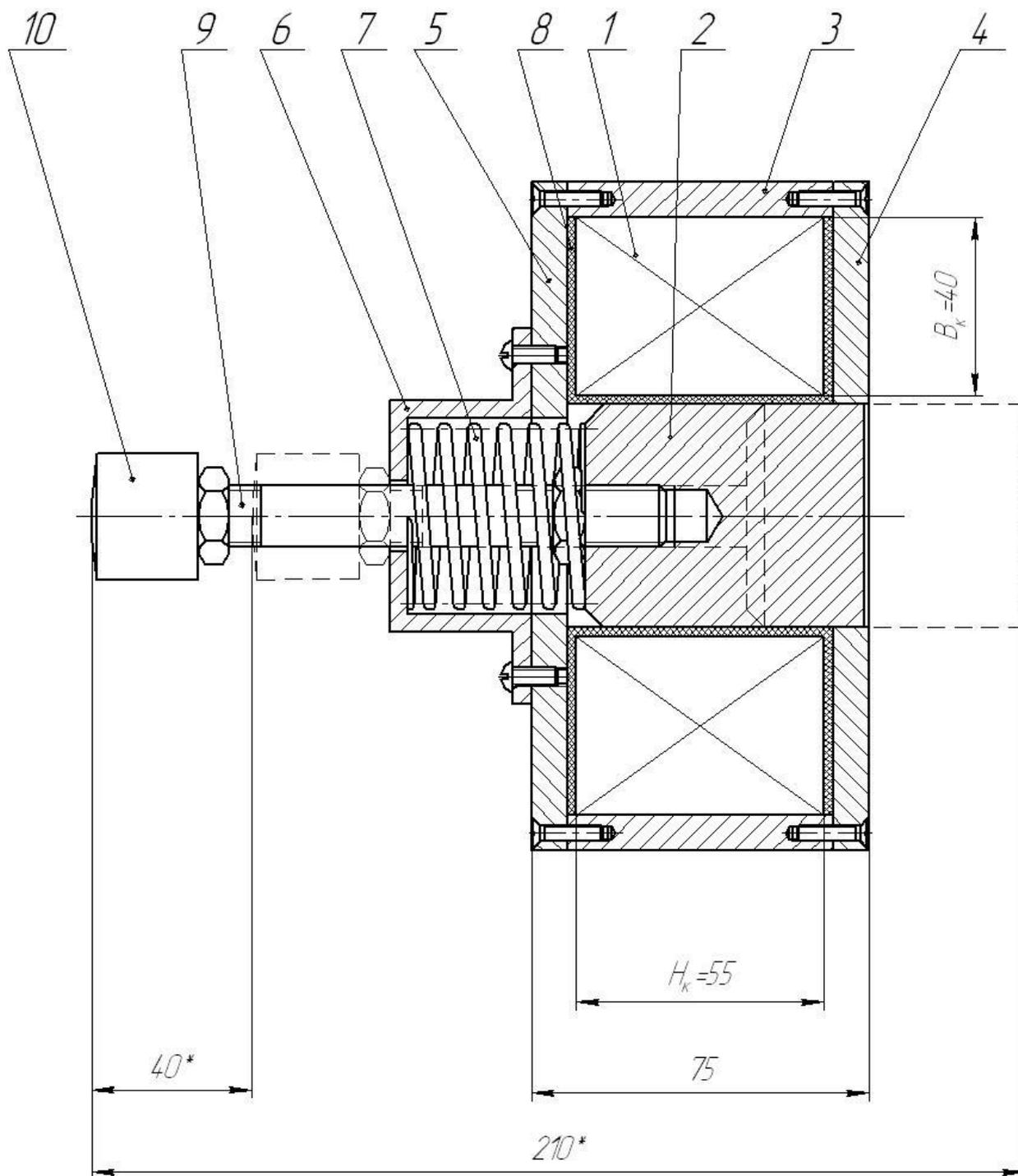
9) Задаём ширину катушки $B_k = 40$ мм.

10) Рассчитываем высоту катушки:

$$H_k = \frac{S_k}{B_k} = \frac{2200}{40} = 55 \text{ мм}.$$

В силовой катушке 1 перемещается якорь 2. Катушка размещается в стакане 3, зажатая крышкой нижней 4 и крышкой верхней 5. В стакане малом 6 размещается возвратная пружина 7, обеспечивающая обратный ход штока 9. Для облегчения поступательного перемещения якоря относительно катушки предусмотрен изолятор 8. На штоке 9 размещается упор 10.

Приспособление для сборки и сварки представляет собой набор стоек, крепящихся на каркасе, повторяющим контуры изделия. При этом такая стойка представляет собой (рис. 2.5) стойку упорную 1, на которой крепятся две регулируемые опоры. Стойка имеет резьбовую ось, которая крепится на каркасе. На стойке перпендикулярно оси крепится плечо упорное 2, на котором посредством хомута закреплён зажим электромагнитный 3. подача тока на силовую катушку электромагнита 3 приводит к втягиванию якоря и прижатию детали к уголку посредством упора, крепящегося на штоке электромагнитного зажима.



1 – катушка силовая; 2 – якорь; 3- стакан; 4 – крышка нижняя; 5 – крышка верхняя; 6 – малый стакан; 7 – возвратная пружина; 8 – изолятор; 9 – шток; 10 – упор

Рисунок 2.4 – Зажим электромагнитный

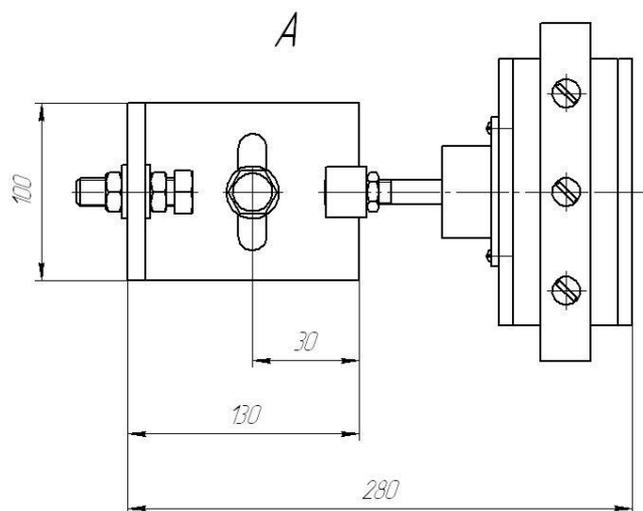
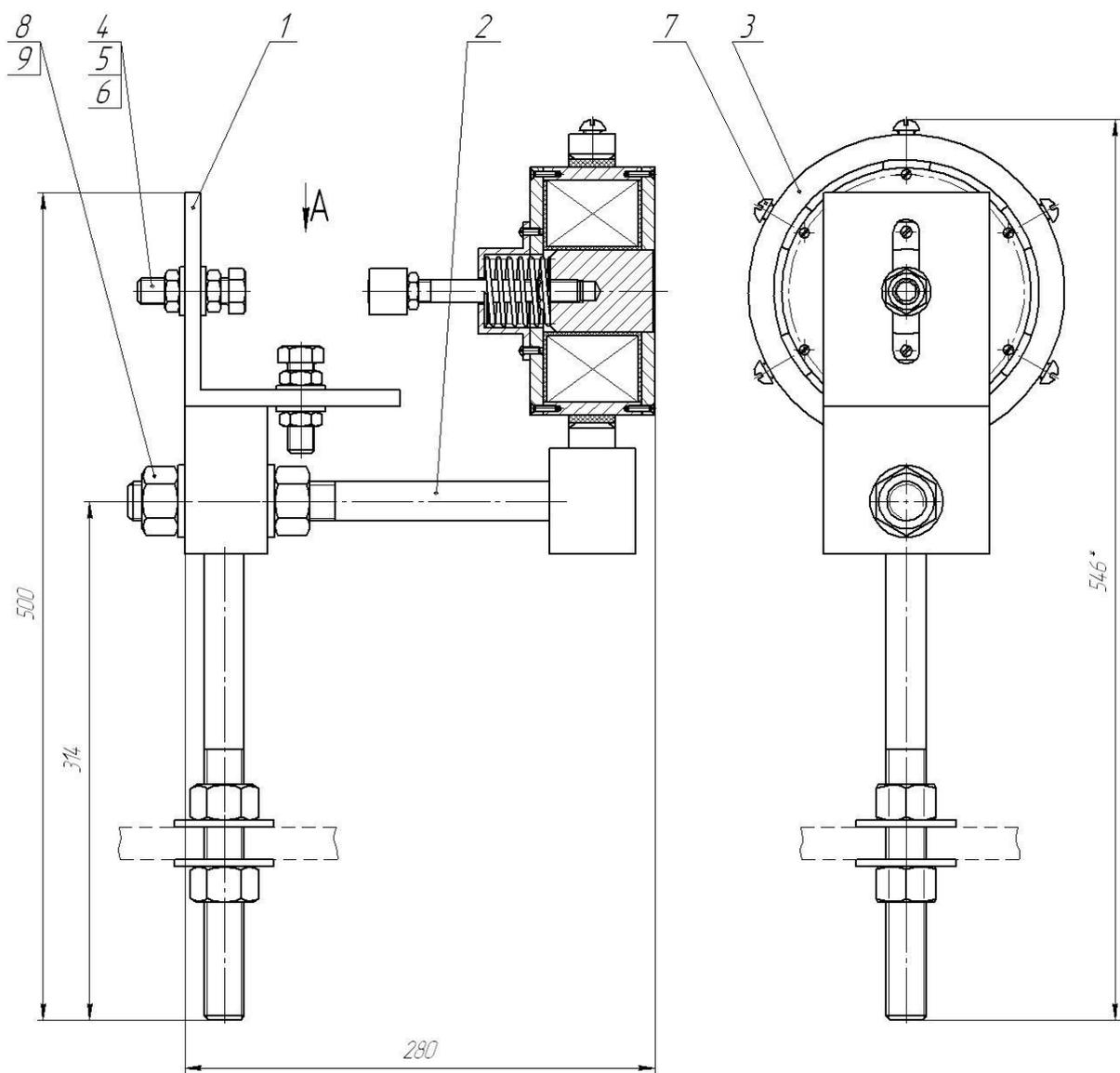


Рисунок 2.5 – Стойка сборочного приспособления

2.4 Назначение параметров режима сварки

Режим механизированной сварки в углекислом газе проволоками сплошного сечения характеризуется следующими параметрами [22]:

- 1) род тока и его полярность;
- 2) диаметр сварочной проволоки $d_э$;
- 3) сила сварочного тока $I_{св}$;
- 4) напряжение дуги $U_д$;
- 5) скорость подачи проволоки $V_{пр}$;
- 6) вылет электрода $l_{пр}$;
- 7) расход углекислого газа $Q_г$.

Значение $I_{св}$ силы сварочного тока должно быть назначено исходя из условия получения гарантированного провара основного металла на необходимую глубину, для этого воспользуемся формулой:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot a = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot (110 \dots 130) = 124 \dots 150 \text{ А} \quad (2.1)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 1,2 мм;
 a – плотность тока, при которой обеспечивается проплавление основного металла, принимается из диапазона 110...130 А/мм².

Назначение коэффициента расплавления электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_э} = 3,0 + 0,08 \frac{130}{1,2} = 11,7 \text{ г} \cdot \text{А} / \text{ч}, \quad (2.2)$$

где $d_э$ – диаметр электродной проволоки, мм, принимаем 1,2 мм;
 $I_{св}$ – принятое значение сварочного тока, А.

Назначение скорости подачи электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{\text{п}} = \frac{4 \cdot \alpha_{\text{р}} \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2 \cdot \gamma} = \frac{4 \cdot 11,7 \cdot 130}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 173 \text{ м/ч} \quad (2.3)$$

где $I_{\text{св}}$ – принятое значение сварочного тока, А;

$\alpha_{\text{р}}$ – принятое значение коэффициента расплавления электродной проволоки, $\alpha_{\text{р}} = 11,7 \text{ г} \cdot \text{А/ч}$;

γ – плотность наплавленного металла, принимаемая $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$;

$d_{\text{эл}}$ – диаметр электродной проволоки, мм, который ранее был принят как $d_{\text{эл}} = 1,2 \text{ мм}$.

Назначение коэффициента наплавки электродной проволоки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$a_{\text{н}} = a_{\text{р}} (1 - \psi) = 11,7 (1 - 0,1) = 10,5 \text{ г/А} \cdot \text{ч}, \quad (2.4)$$

где ψ – коэффициент потерь на угар и разбрызгивание (при сварке в углекислом газе $\psi = 0,1 \dots 0,15$)

Назначение скорости сварки выполним исходя из расчётов по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{a_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{100 \cdot F_{\text{в}} \cdot \gamma} = \frac{10,5 \cdot 130}{100 \cdot 0,1 \cdot 7,8} = 17,5, \quad (2.5)$$

где $F_{\text{в}}$ – площадь поперечного сечения валика сварного шва, принимаем $F_{\text{в}} = 0,1 \text{ см}^2$;

$I_{\text{св}}$ – принятое значение сварочного тока, А;

$a_{\text{н}}$ – принятое значение коэффициента наплавки;

γ – плотность наплавленного металла, принимаемая $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$

Расход защитного газа будем задавать в зависимости от принятого значения силы сварочного. Для силы сварочного тока $I_{св} = 124...150$ А принимает расход газа $Q_{г} = 8...10$ л/мин.

Значение напряжения сварочной дуги определяется длиной дуги и силой сварочного тока. При увеличении длины дуги возрастает напряжения на дуге. При повышении напряжения на дуге ширина сварного шва увеличивается, а глубина провара уменьшается. Получение валика сварного шва хорошей формы и малые потери электродного металла на разбрызгивание возможны при задании оптимальных значений напряжения дуги. На основании [7, 8] для силы сварочного тока $I_{св} = 220...260$ А принимаем напряжение дуги $U_{д} = 20...23$ В.

Таблица 2.1 – Параметры режима сварки

Параметр	Обозначение	Нахлёсточное соединение
Диаметр электродной проволоки	$d_{э}$, мм	1,2
Сила сварочного тока	$I_{св}$, А	124...150
Напряжение на дуге	$U_{д}$, В	20...23
Скорость подачи электродной проволоки	$V_{пр}$, м/ч	170...190
Вылет электрода	$l_{ээл}$, мм	18...25
Расход газа	q , л/мин	8...10
Скорость сварки	$V_{св}$, м/ч	17...20

2.5 Требования к сварочным материалам

Для сварки используем проволоку Св-08Х20Н9Г7 диаметром 1,2 мм. При наличии сертификата и бирок на сварочную проволоку производят сверку соответствия данной проволоки технологической документации. Если сертификат на сварочную проволоку отсутствует, то проводят химический анализ состава проволоки.

При поступлении на предприятие каждой партии проволоки, её следует зарегистрировать в специальном журнале и разместить отдельно. Хранение сварочной проволоки должно происходить в закрытом отапливаемом помещении, при этом температура воздуха внутри помещения

не должна опускаться ниже $+10^0$ С, а относительная влажность воздуха не должна превышать 80%. Мотки и бухты сварочной проволоки следует оборачивать в бумагу, пленку, мешковину и снабжать металлическими ярлыками предприятия-изготовителя. Перед сваркой, если сварочная проволока имеет загрязнения, она должна быть очищена, следует удалить с поверхности проволоки ржавчину, загрязнения, смазку. После очистки проволоку перематывают в кассеты, которые хранятся на отдельных стеллажах. При приемке защитных газов провернется соответствие паспортных данных требованиям действующих стандартов.

Заключение по второму разделу

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении мебели из нержавеющей стали.

В разделе решены следующие задачи: 1) повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию; 2) задать оптимальные параметры режима сварки; 3) обосновать выбор сварочных материалов; 4) спроектировать специализированное сборочное приспособление, повышающее производительность сборки и сварки.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает оформление оценочного блока, в котором следует выполнить: 1) анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство; 2) оценку экономической эффективности предлагаемых технических решений.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых технических решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных работ при изготовлении мебели из нержавеющей сталей.

Технология сварки предусматривает использование механизированной дуговой сварки проволокой сплошного сечения с импульсным управлением сварочной дугой. При этом выполняются следующие операции: механическая резка, транспортировка, сборка, сварка, выходной контроль.

В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	2	3	4
Механическая резка	Слесарь-сборщик	Гильотинные ножницы НД 3312Б, лентопильный станок JET MBS-1321VS	Круг абразивный
Транспортировка	Слесарь-сборщик	Крюковый однобалочный кран грузоподъемностью 2 тс	-
Сборка	Электросварщик	Сборочное приспособление, трубки	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
Сварка	Электросварщик	Приспособление для сборки-сварки, полуавтомат, источник питания формирова- тель импульсов	Защитный газ, сварочная проволока
Выходной контроль	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп	масло

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющей о угрозу негативного фактора
1	2	3
Механическая резка	- 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	Гильотинные ножницы, лентопильный станок
Транспортировка	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Крюковый однобалочный кран
Сборка	- 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	Сборочное приспособление, струбцины

Продолжение таблицы 3.2

Сварка	- 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	Приспособление для сборки-сварки, полуавтомат, источник питания формирователь импульсов
Выходной контроль	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предостерегающая окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Таблица 3.4 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка	Гильотинные ножницы, лентопильный станок, крюковый однобалочный кран, сборочное приспособление, струбины, полуавтомат, источник питания , формирователь импульсов	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 3.5 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили или (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки изделия, контрольные операции.	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 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

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
Сварка изделия	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки, 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 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора 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.

3.6 Заключение по разделу

В рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что проведение процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки конструкций из нержавеющей стали. Дуговая сварка неплавящимся электродом в инертных газах, применяемая в качестве базовой технологии, обладает малой производительностью. Проектный вариант технологии предполагает применение механизированной сварки в защитном газе с импульсным управлением горением дуги.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	40	40
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса:	Цоб	Руб.	350000	200000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	30	30
Принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	4,7	4,7

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_{\text{н}} = (D_{\text{р}} \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot K_{\text{см}}, \quad (4.1)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

$D_{\text{р}}$ – общее число рабочих дней в календарном году;

$D_{\text{п}}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{\text{п}}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

$K_{\text{см}}$ – количество рабочих смен.

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

Расчёт эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам может быть определён с использованием формулы:

$$F_э = F_н \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – процент планируемых потерь рабочего времени.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$F_э = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

(4.3)

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з},$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{маш}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки в формулу (4.3) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 6,61 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,07 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,5 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4.4)$$

где $F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии;

После подстановки в формулу (4.4) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Пг_{\text{.баз.}} = 2054/8 = 256 \text{ изделий за год};$$

$$Пг_{\text{.проектн.}} = 2054/2,5 = 821 \text{ изделий за год.}$$

Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $Пг=200$ изделий в год.

Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot Пг}{F_{\text{э}} \cdot K_{\text{ВН}}}, \quad (4.5)$$

где $Пг$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_{\text{э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

K_{BH} – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{8 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,76$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{2,5 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,24$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{расч}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{пр}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.5) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Kзб = 0,76/1 = 0,76$$

$$K_{зп} = 0,24/1 = 0,24$$

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки

При сварке изделия применяются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение аргодуговой сварки неплавящимся электродом. Проектная технология ремонтной сварки предусматривает применение ротационной сварки трением с перемешиванием. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.7)$$

где C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

После подстановки в формулу (4.7) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$M_B = (800 \cdot 0,0252 + 1300 \cdot 0,414 + 30000 \cdot 0,000495) \cdot 1,05 = 600 \text{ руб.}$$

$$M_{ПР} = (800 \cdot 0,0216 + 1300 \cdot 0,342 + 30000 \cdot 0,000468) \cdot 1,05 = 500 \text{ руб.}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$.

Объём $Z_{осн}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot K_д \quad (4.8)$$

где $C_ч$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

K_D – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

После подстановки в формулу (2.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 3008 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 2,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 940 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 3008 \cdot 12/100 = 361 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 940 \cdot 12/100 = 113 \text{ рублей}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 3008 + 361 = 3369 \text{ рублей}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 940 + 113 = 1053 \text{ рублей}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (4.10)$$

где $K_{сн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды.

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{сб\text{баз.}} = 6738 \cdot 34 / 100 = 1146 \text{ руб.},$$

$$O_{сб\text{проектн.}} = 1053 \cdot 34 / 100 = 358 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{об}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.11)$$

где $A_{об}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$P_{э-э}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{\text{МАШ}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.12) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{об.б} = \frac{1 \cdot 350000 \cdot 21,5 \cdot 8}{2054 \cdot 100} = 293 \text{ рублей,}$$

$$A_{об.пр} = \frac{200000 \cdot 21,5 \cdot 2,5}{2054 \cdot 100} = 52 \text{ рублей}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$C_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{\text{э-эб}} = \frac{30 \cdot 8 \cdot 4,7}{0,7} = 1611 \text{ рублей,}$$

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{30 \cdot 2,5 \cdot 4,7}{0,85} = 415 \text{ рублей,}$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 293 + 1611 = 1904 \text{ руб,}$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 52 + 415 = 467 \text{ руб.}$$

Финансовые потери на амортизацию площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{пл}} = \frac{Ц_{\text{пл}} \cdot На_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.14)$$

где $На_{\text{пл}}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{\text{пл}}$ – цена приобретения площадей.

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 6 \cdot 40 \cdot 8}{2054 \cdot 100} = 280$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 6 \cdot 40 \cdot 2,5}{2054 \cdot 100} = 88$$

Финансовые потери на эксплуатацию площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{экспл}}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{ПЛБ} = \frac{2000 \cdot 40 \cdot 8}{2054} = 312 ,$$

$$P_{ПЛБ} = \frac{2000 \cdot 40 \cdot 2,5}{2054} = 97 .$$

Финансовые потери на эксплуатацию и содержание площадей, задействованных при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$З_{ПЛ} = P_{ПЛ} + A_{ПЛ} , \quad (4.16)$$

После подстановки в формулу (4.16) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$З_{ПЛБаз.} = 280 + 312 = 592 \text{ руб.},$$

$$З_{ПЛПроектн.} = 88 + 97 = 185 \text{ руб.}$$

Значение $C_{ТЕХ}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ТЕХ} = M + ФЗП + Осс + З_{ОБ} + З_{ПЛ} \quad (4.17)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ТЕХБаз.} = 600 + 3369 + 1146 + 1904 + 592 = 7611 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 500 + 1053 + 358 + 467 + 185 = 2563 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.18)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.18) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 7611 + 1,5 \cdot 3008 = 7611 + 4512 = 12123 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 2563 + 1,5 \cdot 940 = 2563 + 1410 = 3973 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.19) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 12123 + 1,15 \cdot 3008 = 12123 + 3459 = 15582 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 3973 + 1,15 \cdot 940 = 3973 + 1081 = 5054 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	600	500
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	3369	1053
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	1146	358
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	1904	467
5. Объём финансовых затрат на технологические площади	З _{пл}	592	185
6. Величина технологической себестоимости	С _{тех}	7611	2563
7. Объём цеховых расходов	Р _{цех}	4512	1410
8. Величина цеховой себестоимости	С _{цех}	12123	3973
9. Объём заводских расходов	Р _{зав}	3459	1081
10. Величина заводской себестоимости	С _{зав}	15582	5054

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

где $K_{\text{З}}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования ;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ –остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования;

n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам.

Величину $\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}} \cdot \text{Т}_{\text{СЛ}} \cdot \text{Н}_{\text{А}} / 100), \quad (4.21)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

$\text{Т}_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту;

$\text{Н}_{\text{А}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию.

После подстановки в формулу (4.20) и (4.21) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 350000 - (350000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 124250 \text{ рублей,}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 124250 \cdot 0,76 = 94430 \text{ рублей}$$

Величину $\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{К}_{\text{ОБЩ.ПР}} = \text{К}_{\text{ОБ.ПР}} + \text{К}_{\text{ПЛ.ПР}} + \text{К}_{\text{СОП.ПР}}, \quad (4.22)$$

где $\text{К}_{\text{ОБ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$\text{К}_{\text{ПЛ.ПР}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии;

$K_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии.

Объём $K_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = Ц_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}}. \quad (4.23)$$

После подстановки в формулу (2.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = 200000 \cdot 1,05 \cdot 0,24 = 50400 \text{ руб.}$$

Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.24)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = Ц_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}}, \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж.

После подстановки в формулу (4.25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 350000 \cdot 0,05 = 17500 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж.

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{МОНТ}} = 200000 \cdot 0,05 = 10000 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{СОП}} = 17500 + 10000 = 27500 \text{ руб.}$$

После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{ОБЩ,ПР}} = 50400 + 27500 = 77900 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{доп}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}}. \quad (4.27)$$

После подстановки в формулу (4.24) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{доп}} = 90430 - 77900 = 12530 \text{ руб.}$$

Размер $K_{\text{уд}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\Gamma}}, \quad (4.28)$$

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{\text{удБаз.}} = 90430/200 = 452 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 77900/200 = 390 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% . \quad (4.29)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{8 - 2,5}{8} \cdot 100\% = 69\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} . \quad (4.30)$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 69}{100 - 69} = 223\%$$

Снижение $\Delta C_{\text{тех}}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техБ}} - C_{\text{техПР}}}{C_{\text{техБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{7611 - 2563}{7611} \cdot 100\% = 66\%$$

Условно-годовую экономию $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (4.32)$$

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (15582 - 5054) \cdot 200 = 2105600 \text{ руб.}$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} . \quad (4.33)$$

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{\text{ок}} = \frac{77900}{2105600} = 0,1$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

После подстановки в формулу (4.34) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\text{Эг} = 2105600 - 0,33 \cdot 77900 = 2079900 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Базовый вариант технологии ремонтной сварки с применением аргонодуговой сварки неплавящимся электродом обладают малой производительностью. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку в защитных газах. В результате предлагаемых мероприятий повышается производительность труда.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 69 %, увеличивается производительность труда на 223 %, уменьшается технологическая себестоимость на 66 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 2,1 млн. рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 2 млн. рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,1 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении мебели из нержавеющей стали.

Базовая технология сварки предусматривает аргонодуговую сварку неплавящимся электродом. Недостатками этого способа сварки являются: низкая производительность сварки; вредное воздействие сварочной дуги на персонал; высокая стоимость выполнения сварочных работ.

На основании анализа альтернативных способов сварки следует признать обоснованным выбор механизированной сварки в среде инертных газов проволокой сплошного сечения.

В ходе подготовки исполнительной части были выполнены следующие работы: повысить эффективность механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения применительно к рассматриваемому изделию; задать оптимальные параметры режима сварки; обосновать выбор сварочных материалов; спроектировать специализированное сборочное приспособление, повышающее производительность сборки и сварки.

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

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 2,0 млн. рублей.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при сварке деталей нержавеющей сталей.

Список используемой литературы

1. Земзин, В.Н. Термическая обработка и свойства сварных соединений / В.Н. Земзин, Р.З. Шрон Р.З. – Л.: Машиностроение, 1978. – 367 с.
2. Бородулин, Г.М. Нержавеющая сталь / Г.М. Бородулин, Е.И. Мошкевич. – М.: Металлургия, 1973. – 320 с.
3. Федыко, В.Т. Импульсная подача сварочной проволоки с управляемым переносом электродного металла / В.Т. Федыко, А.В. Крюков, С.А. Солодский // Наука – Образование – производство: материалы научно-технической конференции. – Нижний Тагил, 2004. – Т.2. – С. 100–103.
4. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
5. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
6. Чинахов, Д.А. Газодинамическое влияние на микротвердость и геометрию шва при сварке в условиях двухструйной газовой защиты / Д.А. Чинахов // Вестник инженерной школы ДФВУ. – 2013. – № 2. – С. 61–66.
7. Саидов, Р.М. Исследование влияния физико-химических свойств флюсов-оксидов на формирование сварных швов нержавеющей сталей / Р.М. Саидов, И.Г. Атабаев, Ж.З. Ахадов [и др.] // Computational nanotechnology. – 2016. – № 4. – С. 10–20.
8. Размышляев, А.Д. Особенности процесса проплавления металла при сварке вольфрамовым электродом в продольном магнитном поле / А.Д. Размышляев, М.В. Мирнова, А.А. Дели // Вестник приазовского государственного технического университета. – 2009. – № 19. С. 185–187.
9. Ерохин, А.А. Влияние геометрии вольфрамового электрода на некоторые характеристики сварочной дуги и проплавление металла / В.А. Букаров, Ю.С. Ищенко // Сварочное производство. – 1971. – №12. – С. 17–19.

10. 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, 1978. – 462 с.
11. Готальский, Ю.Н. Сварка перлитных сталей аустенитными материалами / Ю. Н. Готальский. – Ин-т электросварки им. Е. О. Патона. – Киев: Наук. думка, 1992. – 224 с.
12. Дятлов, В.И. Автоматическая сварка в азоте аустенитных хромоникелевых сталей и сплавов / В.И. Дятлов, И.Ф. Коринец // Автоматическая сварка. – 1968. – № 9. – С. 25.
13. Каховский, Н.И. Сварка высоколегированных сталей. – Киев : Техніка, 1975. – 376 с.
14. Нечаев, В.А. Влияние режима сварки на поглощение азота металлом при сварке незащищенной дугой высоколегированной аустенитной проволокой / В.А. Нечаев, М.М. Тимофеев, Ю.И. Рубенник // Сварочное производство. – 1974. – № 4. – С. 24–26.
15. Лопухов, Ю.И. Газоэлектрическая наплавка арматуры в азотосодержащей защитной атмосфере / Ю.И. Лопухов, Б.П. Ивницкий, Г.А. Сорокин // Энергомашиностроение. – 1989. – № 9. – С. 33–35.
16. Котвицкий, А.Д. Сварка в среде защитных газов / А.Д. Котвицкий. – М. : Высш. шк., 1974. – 222 с.
17. Lettle, K. How to simplify the choice of shielding gas / K. Lettle, G. Stapon // Practical welding today (USA). – 2005. – 9, № 1. – P. 22–25.
18. Herold, H. The use of nitrogen gas at welding of heatresistant nickel alloys / Herold, H. [et al.]. – Australasian welding (Australia. – 2005. – Vol. 50, Second Quarter. – P. 40–47.
19. Снисарь, В.В. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной сталью / В. В. Снисарь, В. Н. Липодаев, В. П. Елагин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1991. – № 2. – С. 10–14.

20. Дятлов, В. И. Автоматическая сварка в азоте аустенитных хромоникелевых сталей и сплавов / В.И. Дятлов, И.Ф. Коринец // Автоматическая сварка. – 1968. – № 9. – С. 25.

21. Грищенко, Л. В. Снижение склонности к порообразованию в металле шва при сварке аустенитными электродами на хромоникелевой основе / Л.В. Грищенко, Я.Н. Киселев, В.М. Петрыкин // Вопросы судостроения. Сер. Сварка. – 1987. – Вып. 26. – С. 20–24.

22. Бабенко, Э.Г. Расчет режимов электрической сварки и наплавки / Э.Г. Бабенко, Н.П. Казанова // Дальневосточный государственный университет путей общения: Хабаровск. – 1999. – 54 с.

23. Каховский, Н.И. Сварка высоколегированных сталей / Н.И. Каховский. – Киев: Техника, 1975. – 376 с.

24. Гривняк, И. Свариваемость стали / И. Гривняк. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.

25. Ленивкин, В.А. Повышение устойчивости дуги при сварке плавящимся электродом током прямой полярности в защитных газах / В.А. Ленивкин, Н.Г. Дюргеров, Е.Н. Варуха // Сварочное производство. – 1981. – № 12. – С. 28–30.