

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 сборки и сварки оболочковых конструкций из нержавеющей стали

Студент

В.В. Колесов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Анализ мировых рынков сварочного оборудования и сварочных материалов показывает, что доля ручной дуговой сварки в технологиях соединения материалов неуклонно снижается. Это можно объяснить неустраняемыми недостатками, которые присущи ручной дуговой сварке.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки автоклава из стали 08X18H10.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- на основании анализа альтернативных способов сварки произвести обоснованный выбор способа сварки корпуса автоклава, который позволит повысить производительность и качество сварки;
- составить проектную технологию ремонтной сварки, выполнить выбор основного и вспомогательного оборудования, назначить параметры режима сварки и требования к выполнению операций технологического процесса.
- выполнить оценку предложенных в выпускной квалификационной работе решений на предмет влияния на безопасность рабочего персонала и окружающей среды;
- обосновать экономическую эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство за счёт сравнительного расчёта затрат по базовой и проектной технологиям.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,85 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,3 года.

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния вопроса сварки оболочковых конструкций из нержавеющих сталей.	6
1.1 Сведения о конструкции автоклава и условиях его работы.	6
1.2 Сведения о материале корпуса автоклава.	8
1.3 Базовый процесс изготовления корпуса автоклава	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	18
2 Проектная технология изготовления корпуса автоклава.	20
2.1 Обоснование выбора способа сварки корпуса автоклава	20
2.2 Выбор сварочных материалов и параметров режима автоматической сварки под флюсом.	26
2.3 Описание операций технологического процесса сварки корпуса автоклава.	27
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	33
3.1 Технологическая характеристика объекта	33
3.2 Идентификация профессиональных рисков	35
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	37
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	39
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	41
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	43
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	43
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	45
4.3 Расчет штучного времени	46
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	47
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	52
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	54

Заключение	57
Список используемой литературы и используемых источников.....	58

Введение

Анализ мировых рынков сварочного оборудования и сварочных материалов показывает, что доля ручной дуговой сварки в технологиях соединения материалов неуклонно снижается. Это можно объяснить неустраняемыми недостатками, которые присущи ручной дуговой сварке. Первым недостатком является малая производительность способа по сравнению с автоматическими и механизированными способами сварки. Вторым недостатком следует признать тяжёлые условия труда сварщика и вредность сварки штучными электродами. Также не устранена проблема получения дефектов при ручной дуговой сварке, количество которых в значительной мере определяется квалификацией сварщика. Кроме того, из-за значительного расхода электродного металла на разбрызгивание и угар значительно снижается конкурентоспособность ручной дуговой сварки перед механизированными способами сварки.

Другой тенденцией, которую отмечает ряд аналитиков в технологиях производства металлических конструкций с применением сварочных технологий, является возрастание доли конструкций, выполненных из легированных и нержавеющей сталей. Применение этих сталей позволяет значительно повысить срок службы конструкции за счёт увеличения её коррозионной стойкости. Кроме того, высокие прочностные свойства позволяют уменьшить вес конструкции, что положительно сказывается на металлоёмкости и транспортабельности.

Типовой конструкцией, изготавливаемой из нержавеющей стали, является автоклав для гидрогенизации жиров. Поскольку изделие применяется в пищевой промышленности, оно выполнено из стали 08X18H10. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки со всеми вытекающими отсюда недостатками.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки автоклава из стали 08X18H10.

1 Анализ состояния вопроса сварки оболочковых конструкций из нержавеющей сталей

1.1 Сведения о конструкции автоклава и условиях его работы

При выполнении технологических операций пищевого производства используются автоклавы, которые широко применяются для изготовления белково-жирового концентрата и гидрогенизации жиров. Это особенно актуально для современного состояния пищевой промышленности, предусматривающей замену молочных продуктов суррогатными составляющими.

Вертикальный автоклав выполнен в виде цилиндрического сосуда, имеющего вертикальную ось. Верхнее и нижнее днища автоклава имеют цилиндрическую форму и привариваются к корпусу автоклава. Внешний вид сварной конструкции корпуса автоклава представлен на рисунке 1 и рисунке 2. На корпусе автоклава предусмотрено также наличие регулирующей арматуры, штуцеров и люков.

Для автоклава рабочие параметры среды оказывают решающее влияние на конструкцию. К таким параметрам относят рабочее давление среды, её состав и температуру. При проведении гидрогенизации жиров применяется рабочая температура среды 60 °С, давление 0,8...1,4 атмосферы. В состав рабочей среды входят пары серной кислоты, которые оказывают коррозионное влияние на стенки автоклава. С учётом этого и корпус автоклава выполнен из пищевой нержавеющей стали 08X18H10.

Высота корпуса автоклава составляет 6559 мм, диаметр корпуса автоклава составляет 2800 мм. Стенка автоклава имеет толщину 6 мм.

Сварные швы расположены в легкодоступных местах, поэтому сварочные работы могут быть легко осуществлены с применением всех доступных способов сварки.

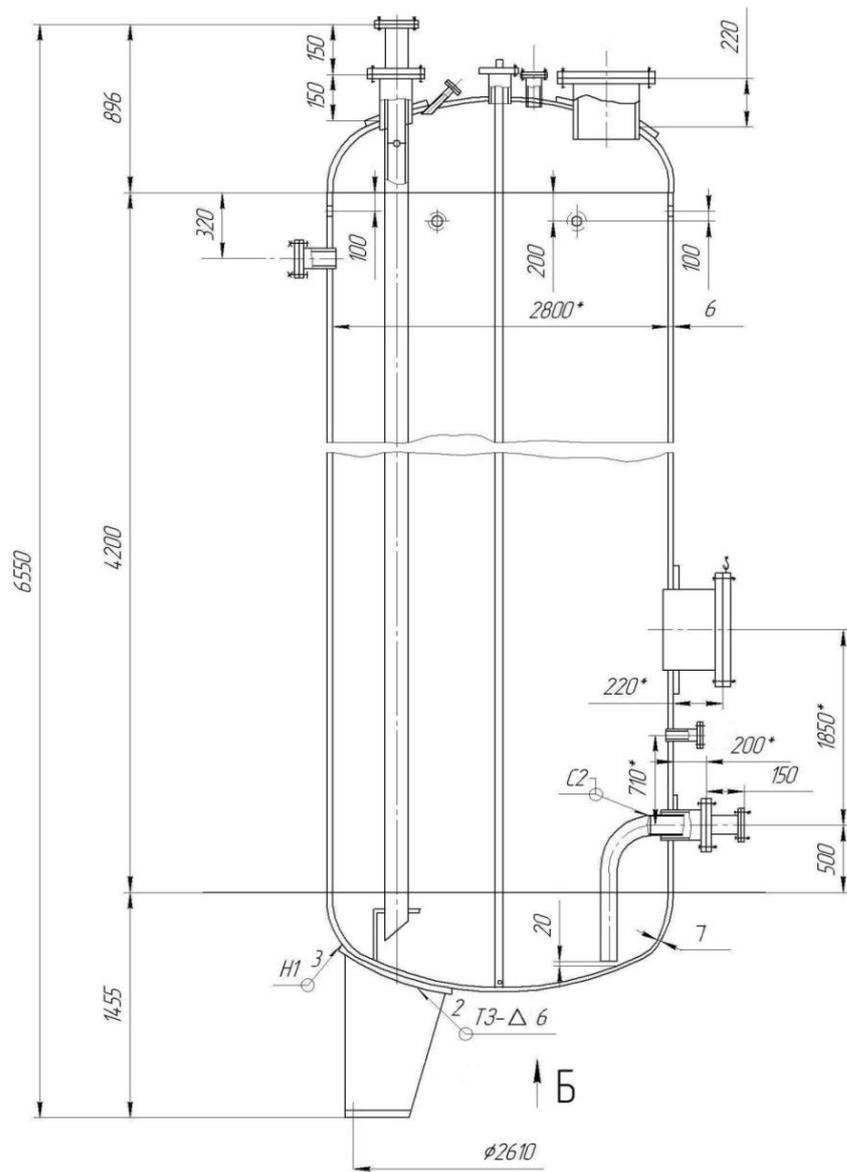


Рисунок 1 – Корпус автоклава (общий вид)

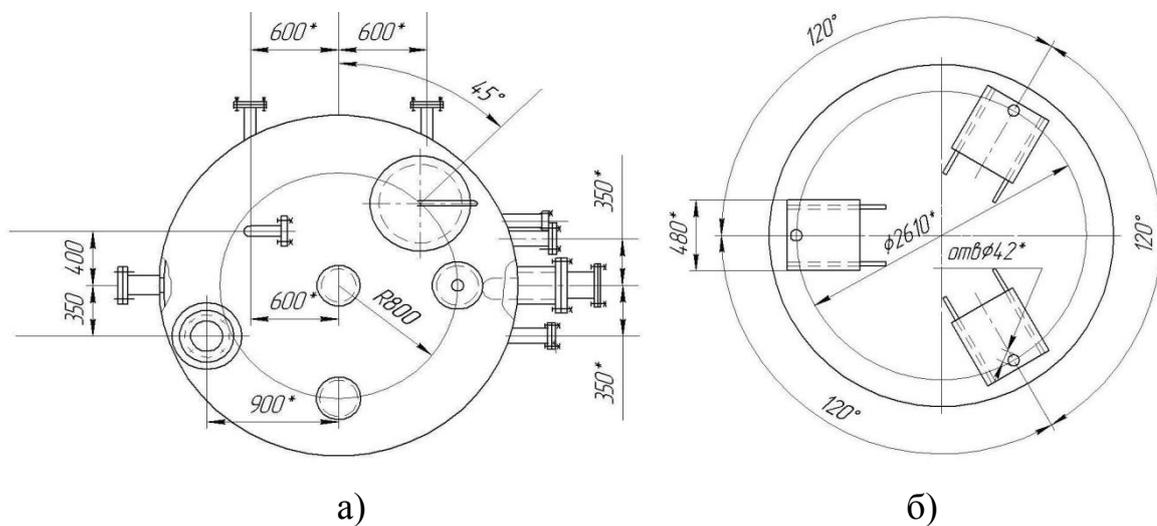


Рисунок 2 – Виды А (а) и Б (б) корпуса автоклава

1.2 Сведения о материале корпуса автоклава

Для изготовления корпуса автоклава применяется пищевая сталь 08X18H10 (AISI 304). Содержание химических элементов в этой стали приведено в таблице 1. Назначение стали – изготовление конструкций для работы в агрессивных средах, применение в пищевой промышленности. Механические свойства стали 08X18H10 приведены в таблице 2.

Сталь 08X18H10 легирована такими элементами, как хром и никель. Из-за особенностей её легирования возникают затруднения при сварке [17], [18], [20]. Первым затруднением является склонность стали к межкристаллитной коррозии в металле сварного шва. Вторым затруднением является высокая склонность металла сварного шва к образованию горячих трещин, что объясняется аустенитной структурой металла сварного шва. Кроме того, длительная эксплуатация сварных конструкций из стали 08X18H10 сопровождается охрупчиванием металла сварного шва и снижением его пластических свойств.

Малая теплопроводность стали по сравнению с низкоуглеродистыми сталями и высокий коэффициент термического расширения приводят к образованию значительных остаточных напряжений и деформаций в металле сварного шва. Это делает необходимым применение прихваток, длина и количество которых больше, чем при сварке низкоуглеродистых сталей.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 08X18H10 [2], [18]

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu» [18]
до 0,08	до 0,8	до 0,2	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,3

Таблица 2 – Механические свойства стали 08X18H10 [18]

Сортамент	Размер, мм	σ_b , МПа	σ_T , МПа	δ , %	ψ , %
Лист	2-5	510	205	45	55

Вследствие того, что в стали 08X18H10 уменьшено значение углерода, эта сталь склонна к питтинговой коррозии.

С учётом этих особенностей сварки стали 08X18H10 следует выполнять тщательный выбор сварочных материалов для производства сварных конструкций из этой стали. Для ручной дуговой сварки может быть рекомендовано применение электродов НЖ-13, ЭА-400 или НИАТ-1. Для автоматической сварки под флюсом рекомендуется применять проволоку Св-04X19H11 [2], [5].

При выполнении сварочных операций в конструкциях из стали 08X18H10 необходимо тщательно соблюдать технику сварки и параметры режима сварки. Перегрев основного металла из-за неправильно выбранных режимов и нарушения техники сварки в ходе дальнейшей эксплуатации конструкции приведёт к усилению межкристаллитной коррозии. Если выполняется многопроходная сварка, то сварку следующего прохода можно начинать после полного остывания предыдущего валика. Если этого не соблюдать, то может произойти переход углерода из основного металла к поверхности сварного шва, что вызовет его реакцию с хромом и уменьшит содержание хрома в металле сварного шва [5].

Также сварку конструкций из стали 08X18H10 следует проводить максимально короткой дугой. Сварка на длинной дуге сопровождается выгоранием легирующих элементов.

Исходя из всего вышеперечисленного можно сформулировать требования к технике сварки: накладывание сварного шва узкими валиками, сварку следует проводить с использованием короткой дуги, перед сваркой валика необходимо дождаться остывания предыдущего валика.

Кроме того при выполнении сварки конструкций из стали 08X18H10 следует стремиться к получению аустенитной структуры металла сварного шва, так как ферритная фаза приводит к снижению пластичности металла сварного шва.

1.3 Базовый процесс изготовления корпуса автоклава

Базовый технологический процесс сварки корпуса автоклава включает в себя следующие операции:

- первая операция предусматривает проведение входного контроля заготовок и сварочных материалов;
- вторая операция предусматривает подготовку кромок;
- третья операция предусматривает гибку обечайки;
- четвёртая операция предусматривает сборку и прихватку корпуса обечайки;
- пятая операция предусматривает сварку продольного шва на обечайке;
- шестая операция предусматривает приварку верхнего и нижнего днища к обечайке;
- пятая операция предусматривает проведение контрольных операций.

Входной контроль предполагает проверку состояния листового проката, из которого будут выполняться заготовки для обечайки корпуса автоклава. Листовые заготовки должны храниться на закрытых складах, при этом должна обеспечиваться их защита от загрязнения и различных механических повреждений. Также необходимо предохранять листовой прокат от контакта с цветными металлами.

Во время входного контроля проверяют на листе отсутствие недопустимых дефектов: вздутий, трещин, раковин, загрязнений, разрывов и окалины. В случае обнаружения поверхностных дефектов следует их устранить с применением механической зачистки. Уменьшение толщины листа вследствие механической зачистки должно быть не более 0,25...0,4 мм. На обрезных кромках не допускается наличие разрывов, расслоений и трещин.

Для визуального контроля увеличительные приборы не используются.

При контроле толщины заготовок проверяется каждый десятый лист металла.

При контроле расслоений кромок контролируется 100 % кромок листов.

В случае отсутствия сопроводительных сертификатов на сварочные материалы, необходимо провести их проверку на предприятии. Для сварки применяются электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 и 4 мм. Содержание химических элементов в наплавленном металле приведено в таблице 3. Свойства наплавленного металла приведены в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание химических элементов в наплавленном металле при применении электродов ОЗЛ-8

«С	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
0,08	1,3	0,75	9,2	20,3	0,010	0,020» [17]

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла электродами ОЗЛ-8

Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV
σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	Дж/см ²
400	610	41	160

При прокатке электродов их помещают в печь, разогретую до температуры 190...210 °С, и выдерживают там в течение 1 часа. После выполнения прокатки необходимо поместить прокаленные электроды в разогретую до 80...100 °С резервную печь. Выемку электродов из резервной печи выполняют непосредственно перед проведением сварки. В случае, если часть электродов не была использована, необходимо выполнить повторную прокатку этих электродов. Общее количество прокаток электродов не должно превышать трёх, так как после трёх прокаток электроды считаются непригодными для сварки.

При выполнении заготовительных операций проводят правку, разметку, резку, подготовку кромок, выполнение отверстий, гибку.

Правку листов проводят без применения предварительного нагрева на

семивалковой правильной машине, представленной. Листы в процессе выполнения правки несколько раз пропускают через валки. Параметрами такой правки являются: рабочая скорость правки – 50...70 мм/сек. После проведения правки лапа измеряют его волнистость, которая должна составлять не более 3 мм на 1 погонный метр.

Для резки листовых заготовок применяются листовые ножницы НЗ121 с наклонным ножом. Для подготовки кромок применяют кромкострогальный станок.

После строгания кромок необходимо проконтролировать правильность выполнения кромок (размеры, форму разделки, отсутствие задиров), для этого применяются специальные шаблоны. Также на внутренней и наружной поверхностях следует проверить качество зачистки, которая должна быть выполнена на расстоянии 40 мм от торца листа. Толщина листа на зачищенной поверхности должна укладываться в требуемый допуск.

Для вальцовки листовых заготовок применяется трехвалковая листогибочная машина Н2224. Вальцовку выполняют путём нескольких возвратно-поступательных пропусков листовых заготовок через валки.

После того, как вальцовка выполнена, заготовку корпуса укладывают на роликовый стенд при помощи консольного крана. Окончательную зачистку уромков выполняют перед самой сборкой. При этом до металлического блеска следует зачистить основной металл с внешней стороны на 20 мм и с внутренней стороны на 10 мм. После зачистки выполняют обезжиривание поверхности металла.

Выравнивание торцов обечайки проводят с применением стяжек. Далее выполняют прихватки электродами ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Параметры режима прихватки [11], [17]:

- полярность – обратная,
- сила сварочного тока - 70...90 А.

Для сварки и прихватки применяется сварочный выпрямитель ВД-306М, который представлен на рисунке 3-а.



Рисунок 3 – Сварочный выпрямитель ВД-306М (а) и аппарат воздушно-плазменной резки ПУРМ-140 (б)

«Расположение прихваточных швов должно быть равномерным по длине стыка, прихватки должны иметь длину 10...12 мм, расстояние между прихватками должно быть 150...200 мм» [17].

После выполнения прихваток следует провести их контроль. Требования к качеству прихваток такие же, как к сварным швам. При визуальном контроле проверяется отсутствие недопустимых дефектов:

- непровары в корне шва,
- поверхностные поры размером более 2 мм,
- трещины всех видов и направлений,
- несплавления,
- подрезы глубиной более 2 мм,
- наплывы.

В случае обнаружения в прихватках недопустимых дефектов, такую прихватку следует срезать механическим способом и переварить.

После того, как прихватки выполнены и проверены, следует приварить

входные и выходные планки, для этого применяется сварочный выпрямитель ВД-306М, сварочные электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Приварку планов ведут на постоянном токе обратной полярности с величиной 70...90 А.

Выполнение отверстий в заготовках проводят с применением воздушно-плазменного резака ПУРМ-140, который представлен на рисунке 3-б. Параметрами режима воздушно-плазменной резки являются:

- расход воздуха 300 л/мин,
- ток реза 120 А.

После выполнения реза следует механическим путём удалить неровности на кромках.

После того, как была выполнена сборка и прихватка обечайки, осуществляют её транспортирование на сварочный участок с использованием кран-балки.

Далее выполняют закрепление обечайки таким образом, чтобы сварной шов находился в положении «зенит». Сварочную дугу возбуждают на технологической планке, после чего выводят её на свариваемый стык.

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности величиной 100...130 А электродами ОЗЛ-8 диаметром 4 мм. После того, как сварной шов выполнен, обрыв дуги проводят на технологической выходной планке.

После того, как разделка заполнена, выполняют сварку корневого слоя шва. Для этого выполняют поворот обечайки на 180°. Таким образом, корень шва оказывается в нижнем положении. Корневой слой шва выполняют электродами ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Ток сварки – 70...90 А. Сварочную дугу следует возбуждать и гасить на технологических планках.

После того, как выполнен корневой слой шва, проводят его зачистку и срезание технологической планки.

После того, как выполнена сварки зачистка продольного шва на обечайке, её при помощи мостового крана перемещают на участок приварки верхнего и нижнего днищ.

На участке сборки и сварки с днищами обечайку укладывают на

роликовый вращатель и стыкуют с днищем. При помощи стяжек фиксируют обечайку и днище. После этого прихватывают днища. Для прихватки применяют выпрямитель ВД-306М. Сварку прихватку ведут электродами ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Применяют постоянный ток обратной полярности силой 70...90 А.

После выполнения прихваток следует провести их контроль. Требования к качеству прихваток такие же, как к сварным швам. При визуальном контроле проверяется отсутствие недопустимых дефектов. В случае обнаружения в прихватках недопустимых дефектов, такую прихватку следует срезать механическим способом и переварить.

Следующая операция – сварка внешнего шва, применяют электроды ОЗЛ-8 диаметром 4 мм, силу тока 100...130 А. Расположение сварщика – стационарное на эстакаде, при сварке обеспечивается равномерное вращение изделия со сварочной скоростью.

После выполнения внешнего сварного шва выполняют проварку корневого слоя шва изнутри. Применяются электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм, силу тока 70...90 А.

Контроль качества выполняют визуально-измерительный по РД 03-606-03 (100 %) и ультразвуковой по ГОСТ 14782 (30 %).

Осмотру с целью выявления внешних дефектов должны подвергаться все сварные швы независимо от применения других методов контроля. Осмотр сварных швов должен производиться по всей их протяженности с двух сторон, за исключением мест, недоступных для осмотра. Невооруженным глазом или с применением лупы с не менее чем четырехкратным увеличением проверяют наличие трещин, подрезов, свищей, прожогов, натеков, не проваров корня и кромок.

Не допускается сваривать заготовки и сборочные единицы до устранения имеющихся в зоне сварного соединения недопустимых вмятин, заусенцев, окалины, ржавчины и т. п.

Качество подготовки кромок под сварку определяется чистотой кромок, правильностью их разделки.

Перед контролем сварной шов и прилегающие к нему поверхности должны быть очищены от шлака и других загрязнений, затрудняющих осмотр, на ширину не менее 20 мм по обе стороны шва.

Дефекты, выявленные внешним осмотром, должны быть устранены перед проведением контроля другими методами.

Визуальный контроль сварных соединений проводится невооруженным глазом или с помощью оптических приборов. Расчетные соединения должны осматриваться с применением лупы десятикратного увеличения.

При внешнем осмотре выявляются наплывы, подрезы, прожоги, незаваренные кратеры, наружные трещины швов и околошовной зоны, непровары корня шва, пористость.

По результатам визуального контроля должны выполняться следующие требования:

- сварной шов должен иметь гладкую структуру с плавным переходом к основному металлу, при этом неровность не должна быть более 0,5 мм (если шов является легкодоступным) или не более 1 мм (если шов является труднодоступным);
- должны отсутствовать скопления пор и шлаковых включений, свищи, наплывы по всей длине сварного шва;
- не допускается наличие незаваренных кратеров.

По результатам ультразвукового контроля должны выполняться следующие требования:

- не допускается наличие непроваров в корне шва глубиной более 3 мм,
- не допускаются поры и шлаковые включения размером более 3 мм,
- не допускаются скопления пор более пяти штук на 1 см².

Если недопустимые дефекты были обнаружены, необходимо их устранить. Удаление дефекта выполняется механическим способом

(абразивным инструментом, вырубкой, фрезеровкой) по всей длине дефекта плюс 10 мм в каждую сторону от дефекта. Запрещено выплавлять дефект дуговыми способами. Допустимо применение плазменно-дуговых процессов.

Если обнаружены сквозные трещины, перед их заваркой следует засверлить концы, чтобы исключить возможность дальнейшего роста трещины при нагреве от сварки. Заваривание дефектного участка следует выполнять на всю глубину.

Не допускается исправление дефектного участка более двух раз.

Для визуально-измерительного контроля применяется оборудование, которое представлено на рисунке 4-а. В состав комплекта для проведения визуально-измерительного контроля входят: инструкция РД 03-606-03, лупа просмотровая с подсветкой 3,5х, лупы просмотровые 4х и 7х, лупа измерительная ЛИЗ-10х, универсальный шаблон сварщика УШС-3, наборы щупов и радиусных шаблонов, маркер по металлу, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером, фонарик, линейка металлическая Л-300 (300 мм), футляр для хранения, рулетка, угольник металлический.

Ультразвуковой контроль выполняют с применением дефектоскопа UCD-50, который представлен на рисунке 4-б. Также в набор для проведения ультразвукового контроля входит гель для УЗК и набор стандартных образцов.

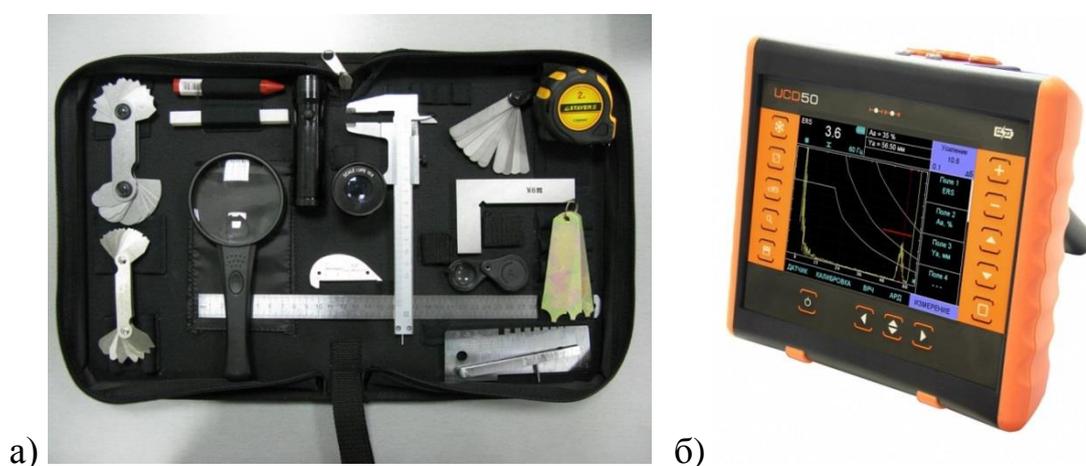


Рисунок 4 – Оборудование для проведения визуально-измерительного контроля (а) и ультразвукового контроля (б) сварных швов

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Во-первых, ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов. Во-вторых, недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла. В-третьих, следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. Четвёртым недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварки автоклава из стали 08X18H10.

По результатам анализа технологичности сварной конструкции рассматриваемый автоклав признан технологичным, изменения в расположение сварных швов не требуется. Автоматизация сварки изделия позволит получить экономической и технологический эффект.

Базовая технология сварки автоклава предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. При анализе базовой технологии сформулированы её недостатки, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки

- параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
- недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
 - тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;
 - увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

На основании вышеизложенного могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, которые предстоит решить в исполнительском разделе ВКР:

- на основании анализа альтернативных способов сварки произвести обоснованный выбор способа сварки корпуса автоклава, который позволит повысить производительность и качество сварки;
- составить проектную технологию ремонтной сварки, выполнить выбор основного и вспомогательного оборудования, назначить параметры режима сварки и требования к выполнению операций технологического процесса.

Выполнение разделов оценочного блока ВКР позволит дополнительно решить следующие задачи:

- выполнить оценку предложенных в выпускной квалификационной работе решений на предмет влияния на безопасность рабочего персонала и окружающей среды;
- обосновать экономическую эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство за счёт сравнительного расчёта затрат по базовой и проектной технологиям.

2 Проектная технология изготовления корпуса автоклава

2.1 Обоснование выбора способа сварки корпуса автоклава

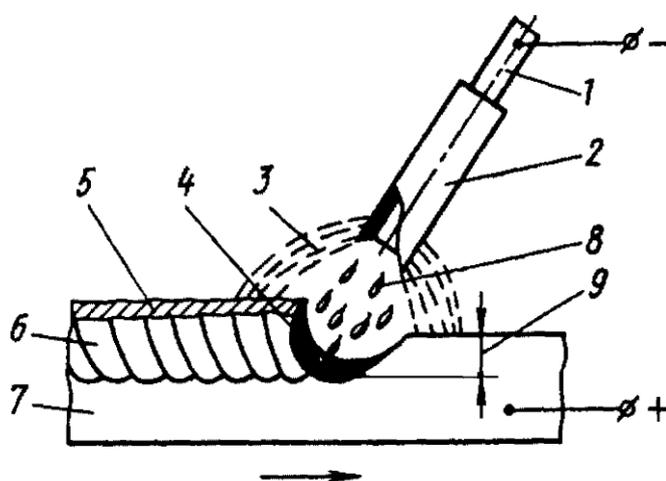
При выборе способа сварки необходимо «рассматривать такие способы, которые обеспечат защиту сварочной ванны и перегретого металла от окружающего воздуха. При выполнении сварных конструкций из аустенитной стали возможно применение следующих способов сварки: газовой сварки, ручной дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой, автоматической сваркой под флюсом, сваркой неплавящимся электродом в инертных газах» [17].

Для сварки конструкций рассматриваемой толщины пригодными следует признать такие способы сварки, как: «ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, автоматическая сварка под флюсом, сварка неплавящимся электродом в инертных газах» [17].

При изготовлении сварной конструкции корпуса автоклава предусматривается выполнение продольного шва длиной несколько метров и двух кольцевых швов длиной несколько метров. Исходя из конструктивных особенностей рассматриваемого корпуса автоклава можно признать эффективным применение следующих способов сварки: «ручная дуговая сварка штучными электродами, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой, автоматическая сварка под флюсом, сварка неплавящимся электродом» [17].

«Далее следует выполнить анализ преимуществ и недостатков каждого способа, который позволит обосновать выбор способа сварки для построения проектной технологии» [17].

Ручная дуговая сварка штучными электродами, схема выполнения которой представлена на рисунке 5, нашла применение для сварных швов с различной ориентацией в пространстве. Эффективное применение ручной дуговой сварки возможно при длине шва порядка 1 метра, при выполнении более протяжённых швов целесообразно рассматривать способы механизации и автоматизации процесса сварки [16], [25].



- 1 — металлический стержень; 2 — покрытие электрода; 3 — газовая атмосфера дуги;
4 — сварочная ванна; 5 — затвердевший шлак; 6 — закристаллизовавшийся металл шва;
7 — основной металл (изделие); 8 — капли расплавленного электродного металла;
9 — глубина проплавления

Рисунок 5 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

Преимущества ручной дуговой сварки позволили получить ей широкое распространение во многих отраслях промышленности:

- возможность проведения сварки с использованием уже имеющегося на предприятии оборудования;
- относительная дешевизна и простота сварочного оборудования;
- построение технологического процесса с применением ручной дуговой сварки не требует глубоких профессиональных знаний.

В настоящее время применение ручной дуговой сварки планомерно сокращается. Это обусловлено её недостатками, влияние которых следует учитывать в современном производстве [15]:

- увеличенные потери сварочного материала на угар, разбрызгивание и образование огарков;
- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
- недостаточная стабильность качества сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов.

Представленные выше недостатки ручной дуговой сварки обуславливают её повсеместную замену более производительными и эффективными способами сварки.

«Альтернативой ручной дуговой сварке является механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов» [17], схема выполнения которой приведена на рисунке 6.

В качестве преимуществ сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах следует отметить:

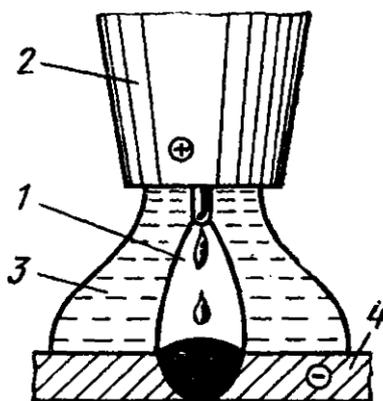
- в процессе сварки не образуется шлаковая корка, что положительно сказывается на качестве сварных швов;
- производительность, которая выше, чем у ручной дуговой сварки;
- расплавленный металл обладает повышенной по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой порошковой проволокой

вязкостью, что позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях;

- оборудование для механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения несколько сложнее, чем для ручной дуговой сварки, но намного проще, чем для сварки неплавящимся электродом, кроме того, сплошная проволока не заламывается, как это деталей порошковая проволока.

Недостатками механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах являются:

- наличие газовых баллонов и механизма подачи проволоки, что несколько усложняет способ сварки и снижает его мобильность;
- повышенное разбрызгивание электродного металла ограничивает ток сварки и не позволяет повысить производительность сварочных работ за счёт перехода на форсированные режимы сварки;
- из-за пониженной пластичности расплавленного металла повышается вероятность получения трещин.



1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитный газ; 4- основной металл

Рисунок 6 – Схема сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

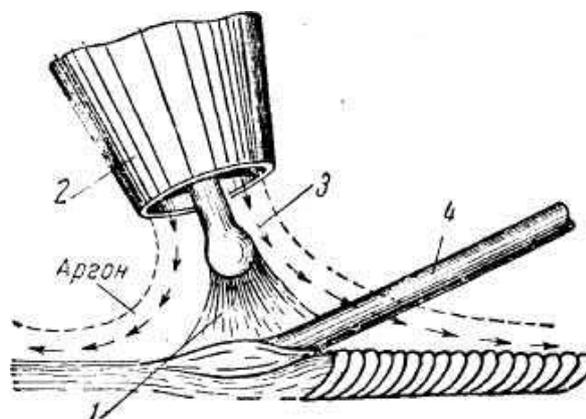
В России и за рубежом проводятся многочисленные исследования, направленные на повышение эффективности механизированной сварки в среде защитных газов [8], [9], [13], [14], [19], [20], [21]. Перспективным

следует признать направление, предусматривающее разработку импульсных источников питания сварочной дуги, применение которых позволяет [24]:

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

Сварка неплавящимся электродом в инертном газе, схема которой представлена на рисунке 7, позволяет добиться качественной защиты сварочной ванны и перегретого металла от атмосферы. При выполнении этого способа обеспечивается самое высокое качество сварных швов из рассмотренных выше способов сварки. За счёт возможности применения проволоки различного состава можно регулировать состав и свойства металла сварного шва. Недостатками сварки неплавящимся электродом являются [16], [22], [23], [25]:

- высокие требования к квалификации сварщика,
- необходимость поддержания высокой культуры производства,
- высокая стоимость защитного газа,
- сложность и дороговизна сварочного оборудования.



1 – дуга, 2 – сопло, 3 – защитный газ, 4 – присадочный материал

Рисунок 7 – Сварка в аргоне неплавящимся электродом

Автоматическая сварка под флюсом, которая выполняется по представленной на рисунке 8 схеме, в основном применяется для выполнения стыковых соединений в нижнем положении. При помощи этого способа можно эффективно сваривать металл толщиной 10...20 мм.

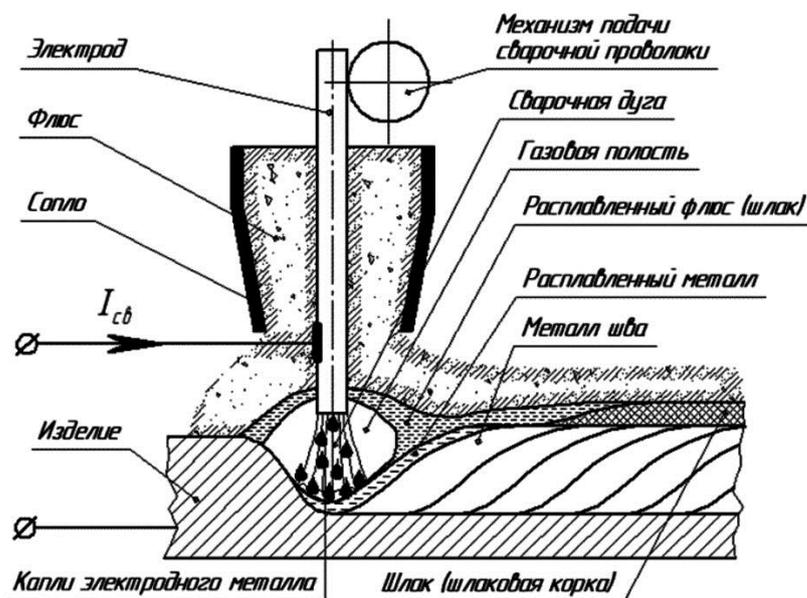


Рисунок 8 – Схема автоматической сварки под флюсом

В числе преимуществ автоматической сварки под флюсом следует отметить [12]:

- высокая производительность процесса и хорошие условия труда сварщика, так как отсутствует негативное влияние излучения дуги
- высокая стабильность качества сварных соединений, которая сохраняется при сварке на открытом воздухе;
- широкие возможности для изменения состава наплавленного металла, так как возможно легирование как через проволоку, так и через флюс;
- отсутствие потерь электродного металла на разбрызгивание и угар.

Сварка под флюсом характеризуется следующими недостатками:

- высокая текучесть шлака в расплавленном состоянии, что может стать причиной образования пор и шлаковых включений;

- необходимость удержания сварочного флюса на изделии, что ограничивает применение этого способа сварки в случае положения, отличных от нижнего;
- сложность сварочного оборудования, которое значительно сложнее, чем для ручной дуговой сварки;
- опасность вытекания расплавленного металла через зазор, что заставляет повышать требования к подготовке кромок и сборке.

На основании проведённого анализа альтернативных способов сварки можно оценить эффективность применения того или иного способа для построения проектной технологии сварки корпуса автоклава. Показано, что применяемая по базовому варианту ручная дуговая сварка, может быть заменена более производительным способом сварки – автоматической сваркой под флюсом.

2.2 Выбор сварочных материалов и параметров режима автоматической сварки под флюсом

Автоматическая сварка под флюсом характеризуется следующими параметрами, от правильного выбора которых зависит качество получаемых соединений экономическая составляющая:

- «род и полярность сварочного тока,
- диаметр электродной проволоки,
- величина сварочного тока $I_{св}$,
- напряжение на дуге U_d ,
- скорость подачи электродной проволоки $V_{пр}$,
- скорость сварки $V_{св}$; вылет электрода» [16].

При осуществлении выбора сварочной проволоки необходимо руководствоваться требованием химической однородности основного металла и металла сварного шва. Для сварки конструкций из стали 08X18H10 может быть рекомендовано [16] применение проволоки Св-06X19H9Т,

содержание химических элементов в которой приведено в таблице 5, механические свойства наплавленного металла приведены в таблице 6.

Таблица 5 – Содержание химических элементов в электродной проволоке Св-06Х19Н9Т [16]

«С	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P» [16]
<0,08	0,04...1,00	1,0...2,0	18,0...20,0	8,0...10,0	0,5...1,0	<0,015	<0,030»

Таблица 6 – Механические свойства наплавленного металла при применения электродной проволоки Св-06Х19Н9Т

Предел текучести	Предел прочности	Относит. удлинение	Ударн. вязкость KCV
$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$\delta, \%$	Дж/см^2
320	590	36	120

Выбор величины сварочного тока при автоматической сварке под флюсом проводится по диаметру применяемой электродной проволоки. Для сварки применим проволоку диаметром 4 мм. При этом величина сварочного тока для такого диаметра проволоки составляет 650...700 А. Для стабильного плавления проволоки напряжение на дуге должно составлять 29...35 В. Подача проволоки должна составлять 200...240 см/мин при скорости сварки 50...55 см/мин [17].

Для проведения сварки в качестве флюса применим АНФ-5 [3].

Перед выполнением сварки необходимо прокалить флюс в течение 1...,15 часов при температуре 350 °С. После прокалки допускается хранение флюса в сухом отапливаемом закрытом в течение 15 суток. После этого, если флюс не был использован по назначению, следует выполнить его повторную прокалку. Количество прокалок, которым может подвергаться флюс без потери свойств, не ограничивается.

2.3 Описание операций технологического процесса сварки корпуса автоклава

При сборке и сварке корпуса автоклава предусматривается последовательное выполнение операций технологического процесса.

Первая операция – входной контроль. При её выполнении проводят проверку состояния листового проката, из которого будут выполняться заготовки для обечайки корпуса автоклава. Эта операция выполняется так же, как и аналогичная операция в базовом технологическом процессе. Следует выполнить проверку на листах наличия маркировки завода-изготовителя.

Вторая операция – заготовительная. При её выполнении проводят правку, разметку, резку, подготовку кромок, выполнение отверстий, гибку. Эта операция выполняется так же, как и аналогичная операция в базовом технологическом процессе. Для правки листа применяются семивалковые вальцы, при этом проводят пропускание листа не менее 3-х раз. Момент правки составляет 1200 кгс·м при входящем угле валков $90^{\circ}20'$. Скорость правки составляет 50...70 мм/с. После правки допускается волнистость листа не более 10 мм на 1000 мм.

Разметка листа под резку выполняется вручную. Для выполнения разметки применяются металлическая линейка, чертилка, угольник и рулетка. Точность разметки 0,5 мм, при этом необходимо учитывать припуски на рез металла.

Для разрезания листового металла применяются ножницы гильотинные НЗ121. Число ходов ножа составляет 100 ходов в минуту при достигаемой точности реза 0,5 мм. Ход ножа составляет 80 мм.

Для выполнения отверстий в заготовках применяется плазменный резак ПУРМ-140.

Для подготовки кромок применяется кромкострогальный станок. Скорость реза: $V_{рез} = 2...2,5$ м/мин. Точность реза – 0,25 мм.

Для выполнения гибки обечайки корпуса автоклава используется трехвалковый стан. Обечайка гнётся по радиусу 1700 мм, при этом овальность не должна превышать 1 %. Допуск на диаметр обечайки составляет 20 мм. Обечайку пропускают через вальцы в прямом и обратном направлении не менее 3-х раз.

Третья операция – сборка обечайки. Она выполняется с применением универсального сборочного приспособления, которое снабжено механическими и пневматическими прижимами. Точность стыковки кромок должна составлять 1 мм.

Четвёртая операция – прихватка обечайки. Для выполнения этой операции применяется механизированная сварка проволокой сплошного сечения. В качестве источника питания используется УДГУ-351, который представлен на рисунке 9-а. В качестве механизма подачи в проектной технологии будет применён полуавтомат ПДГ-312, который представлен на рисунке 9-б.



Рисунок 9 – Оборудование для выполнения прихваток по базовой технологии: источник питания УДГУ-351 (а) и механизм подачи проволоки ПДГ-312 (б)

При выполнении прихваточных швов их равномерно располагают по длине стыка. Расстояние между прихватками составляет 150...200 мм. Длина каждой прихватки составляет 10...12 мм. Параметрами режима выполнения прихваток являются:

- величина сварочного тока 190...210 А,
- напряжение на дуге 20...25 В,
- скорость ведения сварочного электрода 10...15 м/час,
- расход защитного газа 10...12 л/мин.

В качестве защитного газа применяется аргон. В качестве электродной проволоки применяется Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм

После выполнения прихваток следует провести их контроль. Требования к качеству прихваток такие же, как к сварным швам. При визуальном контроле проверяется отсутствие недопустимых дефектов:

- непровары в корне шва,
- поверхностные поры размером более 2 мм,
- трещины всех видов и направлений,
- несплавления,
- подрезы глубиной более 2 мм,
- наплывы.

В случае обнаружения в прихватках недопустимых дефектов, такую прихватку следует срезать механическим способом и переварить.

Пятая операция – транспортировочная. Прихваченную обечайку корпуса автоклава при помощи крана транспортируют на участок сварки.

Шестая операция – сварка продольного шва. На сварочном участке обечайку укладывают на вращатель, при этом продольный стык должен находиться в положении «в зенит». К свариваемому стыку подводят сварочную колонну, располагая над технологической планкой сварочную горелку. После этого подают флюс, на технологической планке возбуждают сварочную дугу на технологической планке и сваривают продольный стык.

В качестве источника питания применяется Sub Arc DC1000/1200, который представлен на рисунке 10.



а)



б)

Рисунок 10 – Общий вид (а) и работа установки (б) Sub Arc DC

После того, как сварочная дуга вышла на технологическую планку, сварку прекращают.

После того, как сварен внешний слой шва, выполняют поворот обечайки на 180° . После этого выполняют сварку корневого слоя шва.

После сварки удаляют корку шлака, технологические планки срезают с применением механических способов, проводят производят визуальный контроль сварного шва.

Седьмая операция – сборка крышек с обечайкой. В ходе её выполнения стягивают обечайку и крышку, выполняют прихватку в 3...4 местах. Параметрами режима выполнения прихваток являются:

- величина сварочного тока 190...210 А,
- напряжение на дуге 20...25 В,
- скорость ведения сварочного электрода 10...15 м/час,
- расход защитного газа 10...12 л/мин.

В качестве защитного газа применяется аргон. В качестве электродной проволоки применяется Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм

Восьмая операция – автоматическая сварка под флюсом внешнего шва. После выполнения внешнего сварного шва выполняют проварку корневого слоя шва изнутри.

Выводы по второму разделу

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварки автоклава из стали 08X18H10.

В ходе выполнения оценочного раздела выпускной квалификационной работы были сформулированы задачи:

- на основании анализа альтернативных способов сварки произвести обоснованный выбор способа сварки корпуса автоклава, который позволит повысить производительность и качество сварки;
- составить проектную технологию ремонтной сварки, выполнить выбор основного и вспомогательного оборудования, назначить параметры режима сварки и требования к выполнению операций технологического процесса.

В исполнительском разделе выпускной квалификационной работы рассмотрена возможность применения альтернативных способов сварки при построении проектной технологии.

На основании проведённого анализа альтернативных способов сварки была выполнена оценка эффективности применения каждого способа применительно к сварке корпуса автоклава. Показано, что применяемая по базовому варианту ручная дуговая сварка, может быть заменена более производительным способом сварки – автоматической сваркой под флюсом.

Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [10].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [6], [10].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология сварки оболочковых конструкций из нержавеющей сталей.

На основании проведенного анализа альтернативных способов сварки была выполнена оценка эффективности применения каждого способа применительно к сварке корпуса автоклава. Показано, что применяемая по базовому варианту ручная дуговая сварка, может быть заменена более производительным способом сварки – автоматической сваркой под флюсом.

Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Таблица 7 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
«1) входной контроль	Дефектоскопист	кран-балка, набор строп, линейка металлическая 1000 мм, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
2) заготовительная	Слесарь-сборщик	гибочные семивалковые вальцы, шаблоны, чертилка, ножницы гильотиные, установка плазменной резки, кромкострогальный станок	СОЖ, резцы
3) гибка обечайки	Слесарь-сборщик	четырёхвалковый стан, кран-балка	Рукавицы
4) сборка	Слесарь-сборщик	универсальное сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки, машинка зачистная, газовое оборудование, шаблон сварщика универсальный	Сварочная проволока, защитный газ, рукавицы, абразивный круг
5) сварка продольного шва 6) сварка кольцевых швов	Электросварщик	роликовый стенд, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки, сварочный автомат, машинка зачистная, газовое оборудование, шаблон сварщика универсальный	Сварочная проволока, защитный газ, рукавицы, флюс, абразивный круг
7) контроль качества» [4], [16]	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп	Кисточка, масло

Анализ данных в таблице 7 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 8 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1) входной контроль	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- машина моечная; - микрометр
2) заготовительная 3) гибка обечайки	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями оборудования	- дробеструйная камера; - краскопульт
4) сборка обечайки 5) сварка продольного шва 6) сварка кольцевых швов	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- установка плазменной наплавки валов; - копир
7) контроль качества	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение	- дефектоскоп

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 8. Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

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

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Таблица 9 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или раздельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 9. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

Поэтому в следующей части экологического раздела следует рассмотреть мероприятия по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 10. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 11.

Таблица 10 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	«Перечень имеющегося на участке оборудования»	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре» [4]
Участок сборки и сварки оболочковых конструкций	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)» [4]	«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» [4].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [4].

Таблица 11 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

«Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения» [4]

Таблица 12 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок сварки оболочковых конструкций	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [1].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [1].

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 12.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 13.

Таблица 13 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие на	
		атмосферу	гидросферу
Сборка и сварка оболочковых конструкций	- подготовка детали - подготовка поверхности - наплавка - контроль качества	атмосферу	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования
		гидросферу	попадание в воду машинного масла
		литосферу	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 14 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на	Участок сварки оболочковых конструкций
атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 14.

Выводы по экологическому разделу

В проектной технологии применяется механизированная сварка в защитных газах и автоматическая сварка под флюсом, внедрение которых в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварка оболочковых конструкций из нержавеющей сталей.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков:

- ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;
- недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов;
- увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

На основании проведённого анализа альтернативных способов сварки была выполнена оценка эффективности применения каждого способа применительно к сварке корпуса автоклава. Показано, что применяемая по базовому варианту ручная дуговая сварка, может быть заменена более производительным способом сварки – автоматической сваркой под флюсом.

Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [6], [7].

Таблица 15 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	250 тыс.	1200 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	25	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	$м^2$	100	100
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $м^2$)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ $м^2$	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [7], [11]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

В таблицу 15 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

На основании данных в таблице 15 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $D_p = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $K_{см} = 1$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7 \%$, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

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

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{\text{маш}}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{\text{всп}}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{\text{обсл}}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{\text{отд}}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{\text{п-з}}$):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (3)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 18 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 31,5 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 7 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 12,25 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$П_2 = F_3 / t_{ум}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_2_{баз.} = 2054/31,5 = 65 \text{ за год};$$

$$П_2_{проектн.} = 2054/12,25 = 167 \text{ за год}.$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии $Пг = 40$ деталей за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{ум} \cdot П_2 / (F_3 \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч.б} = \frac{31,5 \cdot 40}{2054 \cdot 1,03} = 0,6$$

$$n_{расч.пр} = \frac{12,25 \cdot 40}{2054 \cdot 1,03} = 0,2$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования $n=1$. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Кз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Кзб = 0,6/1 = 0,6;$$

$$Кзн = 0,2/1 = 0,2.$$

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести сварочные электроды, сварочную проволоку и флюс. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента K_{tz} транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{tz} \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{баз.} = 976 + 8611 = 9587 \text{ руб.}; M_{баз.} = 958 + 1240 + 1642 = 3840 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{осн}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{шт}$ и часовой тарифной ставки $C_ч$ с учётом коэффициента K_d доплат к заработной плате:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{осн.баз.} = 31,5 \cdot 150 \cdot 1,88 = 8883 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 12,25 \cdot 150 \cdot 1,88 = 3455 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{доп}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $Z_{осн}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{доп.базов.} = 8883 \cdot 12 / 100 = 1066 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 3455 \cdot 12 / 100 = 415 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы ФЗП может быть вычислен как сумма основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$:

$$\Phi ЗП_{базов..} = 8883 + 1066 = 9949 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 3455 + 415 = 3870 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сс_{баз.}} = 9949 \cdot 34 / 100 = 3383 \text{ руб.},$$

$$O_{сс_{проектн.}} = 3870 \cdot 34 / 100 = 1316 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование $Z_{об}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$:

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

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации H_a , эффективного фонда времени $F_э$, цены оборудования $C_{об}$ и машинного времени $t_{маш}$ с использованием формулы:

$$A_{об} = (C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}) / (F_э \cdot 100). \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 31,5 / 2054 / 100 = 824 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 1200000 \cdot 21,5 \cdot 12,25 / 2054 / 100 = 5129 \text{ руб.}$$

Объём затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, может быть вычислен с учётом цены электрической энергии $C_{ээ}$, установленной

мощности оборудования $M_{уст}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

$$P_{э\acute{e}} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э\acute{e}} / КПД. \quad (13)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{э\acute{e} баз} = 31,5 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 3600 \text{ руб.},$$

$$P_{э\acute{e} пр} = 12,25 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 1844 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Зоб_{баз.} = 824 + 3600 = 3424 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{проектн.} = 5129 + 1844 = 6973 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости $C_{тех}$ может быть вычислен по ранее определённым затратам на фонд заработной платы ФЗП, материалы M , оборудование $З_{об}$ и отчислений на социальные нужды $O_{сс}$:

$$C_{ТЕХ} = M + ФЗП + O_{сс} + З_{ОБ}. \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ТЕХБаз.} = 9587 + 9949 + 1754 + 3424 = 24714 \text{ руб.},$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 3840 + 3870 + 1316 + 6973 = 15999 \text{ руб.}$$

Величина цеховой себестоимости $C_{цех}$ может быть определена с учётом ранее рассчитанного значения технологической себестоимости $C_{тех}$, основной заработной платы $З_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 24714 + 1,5 \cdot 8883 = 24714 + 13324 = 38038 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 15999 + 1,5 \cdot 3455 = 15999 + 5183 = 21182 \text{ руб.}$$

Расчёт заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ при осуществлении проектной и базовой технологий выполняем с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{\text{цех}}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 38038 + 1,15 \cdot 8883 = 38038 + 10215 = 48253 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 21182 + 1,15 \cdot 3455 = 21182 + 3973 = 25155 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
«1. Затраты на материалы	М	9587	3840
2. Фонд заработной платы	ФЗП	9949	3870
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	1754	1316
4. Затраты на оборудование	Зоб	3424	6973
5. Технологическая себестоимость	Стех	24714	15999
6. Цеховые расходы	Рцех	13324	5183
7. Цеховая себестоимость	Сцех	38038	21182
8. Заводские расходы	Рзав	10215	3973
9. Заводская себестоимость» [6], [7]	$C_{\text{зав}}$	48253	25155

На основании данных в таблице 16 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ и стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$, которые были определены для базового варианта технологии:

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

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизации H_a :

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 250000 - (250000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 142500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 142500 \cdot 0,6 = 85500 \text{ руб.}$$

Размер капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ на осуществление технологии по проектному варианту может быть вычислен с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ с использованием формулы:

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

Величина капитальных вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ рассчитывается по цене оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

$$K_{об.пр.} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{мз} \cdot K_{зн}. \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{об.пр.} = 1200000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 252000 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных затрат $K_{соп}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $K_{монт}$ на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $K_{дем}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

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

Размер затрат на демонтаж $K_{дем}$ и монтаж $K_{монт}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

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

$$K_{монт} = 1200000 \cdot 0,05 = 60000 \text{ руб.}$$

$$K_{соп} = 12500 + 60000 = 72500 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 252000 + 72500 = 324500 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных затрат, которые должны быть предусмотрены для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии, вычисляем как:

$$K_{дон} = K_{общпр} - K_{общб}. \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дон} = 324500 - 85500 = 239000 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы Π_r как:

$$K_{уд} = K_{общ} / \Pi_r. \quad (25)$$

Подстановка значений параметров из таблицы исходных данных позволяет получить:

$$K_{удБаз.} = 85500/40 = 2138 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 324500/40 = 8113 \text{ руб./ед.}$$

После проведённых расчётов можно приступить к оценке экономических показателей проектной технологии

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{31,5 - 12,25}{31,5} \cdot 100\% = 61\%$$

Повышение производительности труда Π_r , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$:

$$\Pi_m = 100 \cdot \Delta t_{ум} / (100 - \Delta t_{ум}). \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_m = 100 \cdot 61 / (100 - 61) = 156 \%$$

Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (24714 - 15999) \cdot 100\% / 24714 = 35 \%$$

Размер условно-годовой экономии (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Пр_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{yг}} = (C_{\text{зав. баз}} - C_{\text{зав. пр}}) \cdot П_2 \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\mathcal{E}_{\text{yг}} = (48253 - 25155) \cdot 40 = 923920 \text{ руб.}$$

Время окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{дон}} / \mathcal{E}_{\text{yг}} \quad (30)$$

Таким образом, после подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 239000 / 923920 = 0,3 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект \mathcal{E}_2 , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\mathcal{E}_2 = \mathcal{E}_{\text{yг}} - E_n \cdot K_{\text{дон}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\mathcal{E}_2 = 923920 - 0,33 \cdot 239000 = 845050 \text{ руб.}$

Выводы по экономическому разделу

По базовому варианту технологии сварка выполняется с применением ручной дуговой сварки. Недостатками базовой технологии являются: низкая стабильность качества наплавленного слоя, малая производительность работ, значительные финансовые затраты на обеспечение безопасности персонала.

На основании проведённого анализа альтернативных способов сварки была выполнена оценка эффективности применения каждого способа применительно к сварке корпуса автоклава. Показано, что применяемая по базовому варианту ручная дуговая сварка, может быть заменена более производительным способом сварки – автоматической сваркой под флюсом.

Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 61 %, а производительность труда увеличилась 156 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 35 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,92 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,85 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,3 года.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварки автоклава из стали 08X18H10.

Базовая технология сварки автоклава предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. При анализе базовой технологии сформулированы её недостатки, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели.

На основании проведённого анализа альтернативных способов сварки была выполнена оценка эффективности применения каждого способа применительно к сварке корпуса автоклава. Показано, что применяемая по базовому варианту ручная дуговая сварка, может быть заменена более производительным способом сварки – автоматической сваркой под флюсом.

Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,85 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,3 года.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы могут быть рекомендованы для внедрения на предприятиях, выполняющих сварку оболочковых конструкций из нержавеющей сталей.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
2. Бородулин Г. М., Мошкевич Е. И. Нержавеющая сталь. М. : Metallurgia, 1973. 320 с.
3. Головкин В. В., Галинич В. И., Гончаров И. А. Агломерированные флюсы – новая продукция завода ОАО «Запорожстеклофлюс» // Автоматическая сварка. 2008. № 10. С. 41–44.
4. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра : учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2014. 52 с.
5. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций : учебно-методическое пособие к курсовому проектированию. Тольятти : ТГУ, 2008. 77 с.
6. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
7. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
8. Ланкин Ю. Н. Автоматическое управление процессом сварки плавящимся электродом в CO_2 с периодическими короткими замыканиями дугового промежутка // Автоматическая сварка. 2007. № 1. С. 3–10.
9. Ленивкин В. А., Дюргеров Н. Г., Сагиров Х. Н. Технологические свойства сварочной дуги в защитных газах. М. : Машиностроение, 1989. 264 с.
10. Моторин К. В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. Тольятти : ТГУ, 2019. 7 с.

11. 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.
12. Оборудование для дуговой сварки под слоем флюса / Е.Н. Еремин, В.С. Кац, С.А. Бородихин. Омск : ОмГТУ, 2018. 121 с.
13. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : ЭкоТехнолопя, 2007. 192 с.
14. 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.
15. Походня И. К. Сварочные материалы: состояние и тенденции развития // Сварочное производство. 2003. № 6. С. 26–40.
16. 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.
17. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.
18. Сорокин В. Г.Э Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
19. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. Schutgase zum MAGM // 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. Lebedev V. A., Maksimov S. Yu. Application of mechanical oscillations with controllable parameters for improvement of arc mechanized and automatic arc welding and surfacing using consumable electrode // Doc.XII-2082-12, Draft Agenda Commission XII «Arc Welding Processes and Production Systems» July 9-11, 2012, Denver, USA.

22. Leitner R. E., Mcelhinney G. H., Pruitt E. L. An investigation of pulsed GTA welding variables // *Welding Journal*. 1973. № 9. P. 405–410.

23. Lothongkum, G. Viyanit E., Bhandhubanyong P. TIG pulse welding parameters of the AISI 316L stainless steel plate at the 6–12h positions // *J. Mater. Proc. Technology*. 2001. Vol. 91/92. P. 312–316.

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

25. Lucas W. Survey on the application of pulsed currents with the TIG process // *Welding World*. 1980. № 3/4. P. 61–66.