

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс изготовления корпуса автоклава

Студент

М.Ф. Петросян

(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. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Аннотация

В настоящее время доля сварных конструкций, получаемых с применением ручной дуговой сварки штучными электродами, неуклонно снижается. Это объясняется недостатками, присущими способу сварки. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности выполнения сварочных работ при изготовлении вертикального автоклава из стали 08X18H10.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- составить проектную технологию сварки.

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор автоматической сварки под флюсом как основного способа при построении проектной технологии сварки. Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,85 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года.

Abstract

The title of the graduation work is «The technological process of manufacturing the body of the autoclave».

Currently, the share of welded structures obtained using manual arc welding with stick electrodes is steadily decreasing. This is due to the inherent disadvantages of the welding method. First of all, it should be noted the low productivity of welding work, at present, the resource for increasing the speed of welding and surfacing with stick electrodes due to the appointment of optimal modes and welding materials is completely depleted.

The aim of the work is to increase the productivity of welding works in the manufacture of a vertical autoclave from steel 08X18H10.

The following tasks have been solved:

- 1) analyze alternative welding methods and justify the choice of welding method in relation to the product under consideration;
- 2) draw up a design welding technology.

Analysis of possible welding methods made it possible to substantiate the choice of automatic submerged-arc welding as the main method in the construction of design welding technology. The design technology of welding the autoclave body was drawn up, the parameters of the welding mode and the equipment used were assigned.

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

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,85 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению автоклава	7
1.1 Описание конструкции корпуса автоклава	7
1.2 Сведения о материале корпуса автоклава	9
1.3 Базовый процесс изготовления корпуса автоклава	11
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	17
2 Проектная технология изготовления корпуса автоклава	19
2.1 Обоснование выбора способа сварки автоклава	19
2.2 Выбор режимов автоматической сварки под флюсом	25
2.3 Описание технологических операций	26
2.4 Сведения о производственном участке	29
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	31
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Идентификация профессиональных рисков	33
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	35
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	36
3.5 Обеспечение экологической безопасности	38
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии	40
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	40
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	42
4.3 Расчет штучного времени	43
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	45
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам	

технологии.	49
4.6 Показатели экономической эффективности.	52
Заключение.	55
Список используемой литературы и используемых источников.	56

Введение

Одним из элементов процесса производства пищевых добавок является автоклав для гидрогенизации жиров. При изготовлении корпуса автоклава применяется ручная дуговая сварка. Этот процесс сравнительно трудоёмкий, сопровождается получением значительного числа дефектов, исправление которых приводит к дополнительному снижению производительности труда.

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

Из-за множественных недостатков ручной дуговой сварки штучными электродами она повсеместно заменяется более производительными и перспективными способами сварки. Применение перспективных способов сварки при производстве товарной продукции не только повышает качество выполняемых соединений, но и приводит к повышению производительности.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности выполнения сварочных работ при изготовлении вертикального автоклава из стали 08X18H10.

1 Анализ исходных данных и известных решений по изготовлению автоклава

1.1 Описание конструкции корпуса автоклава

Автоклав вертикальный периодического действия служит для гидрогенизации жиров и получения белково-жирового концентрата.

Корпус автоклава выполнен в виде сварного цилиндрического сосуда, который устанавливается вертикально. Корпус имеет два приваренных эллиптических днища согласно рисунка 1. На корпусе выполнен монтаж штуцеров, люков и арматуры.

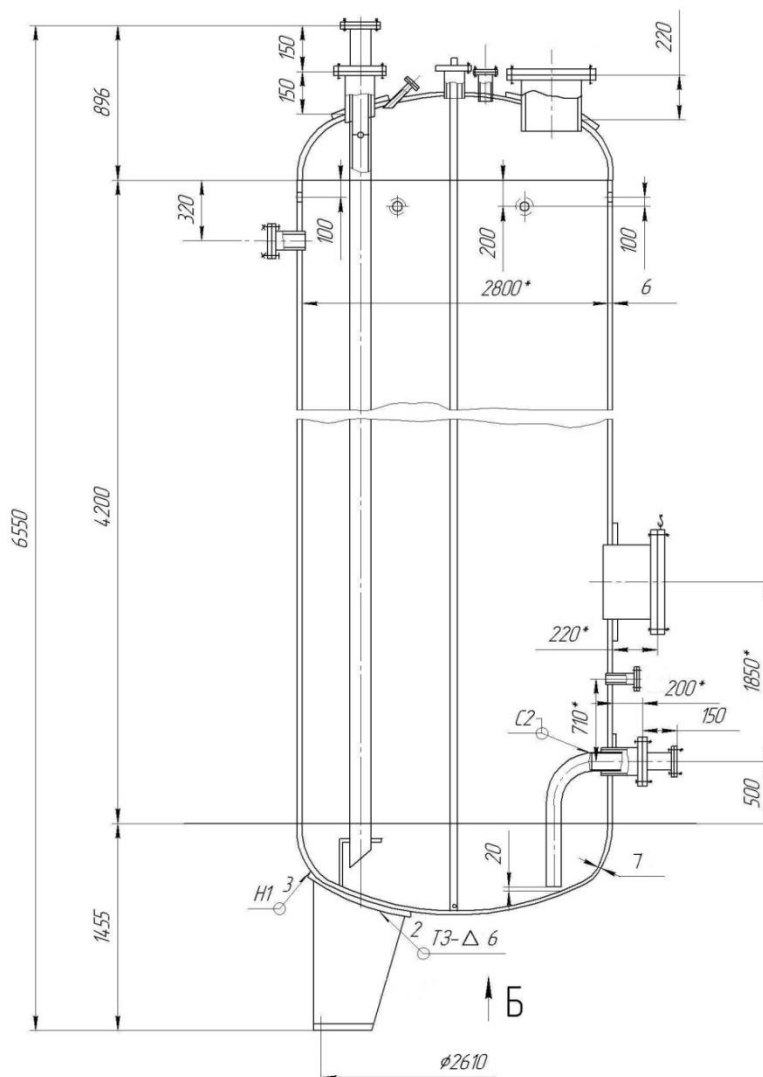


Рисунок 1 – Общий вид корпуса автоклава

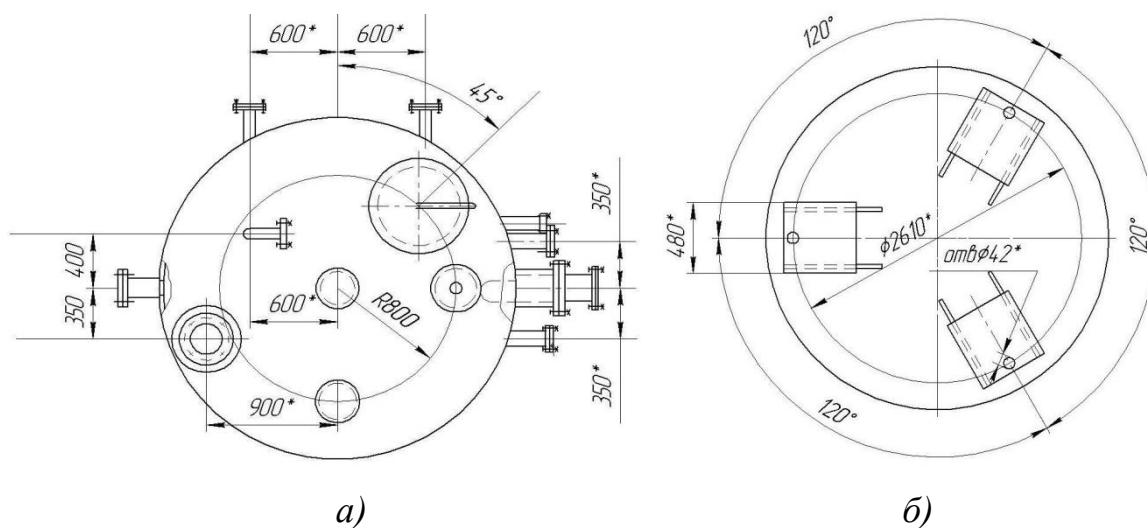


Рисунок 2 – Вид корпуса сверху, вид А (а) и вид Б (б)

При проектировании автоклавов решающее значение имеют рабочие параметры среды: температура, состав и рабочее давление. Гидрогенизация происходит под избыточным давлением 0,8...1,4 атмосферы, рабочая температура составляет 60 °С, в процессе гидрогенизации участвуют пары серной кислоты. Так как конечный продукт предполагается использовать для приготовления пищевых смесей, материал корпуса автоклава выполнен из стали 08Х18Н10.

Корпус автоклава имеет габаритную высоту 6550 мм и диаметр корпуса 2800 мм. Толщина стенки корпуса составляет 6 мм.

При изготовлении сварной балки можно использовать стандартное оборудование и материалы, повышение производительности основных и вспомогательных операций может быть выполнено с использованием средств механизации и автоматизации. Места расположения сварных швов легко доступны для сварщика, проведение сварочных работ не затрудняется особенностями конструкции изделия.

Исходя из этих критериев, рассматриваемую конструкцию можно считать технологичной. Применение автоматической сварки под флюсом – обоснованной. Построение проектной технологии также должно вестись с использованием автоматических способов сварки.

1.2 Сведения о материале корпуса автоклава

Корпус автоклава изготавливается из стали 08X18H10 (AISI 304), химический состав которой представлен в таблице 1. Эта сталь предназначена для изготовления конструкций, которые будут работать в агрессивных средах и для пищевой промышленности, механические свойства стали представлены в таблице 2.

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

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
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

Характер легирования стали 08X18H10 определяет особенности её сварки при выполнении ответственных конструкций [17], [18], [20]:

- эксплуатация сварной конструкции сопряжена с высоким риском развития межкристаллитной коррозии;

- металл сварного шва имеет чисто аустенитную структуру, что существенно повышает опасность возникновения горячих трещин при сварке стали 08X18H10;

- длительная эксплуатация конструкций из стали 08X18H10 при повышенных температурах может вызывать их охрупчивание, которое будет проявляться в снижении пластических свойств сварного шва;

- сталь 08X18H10 имеет низкую теплопроводность и высокий коэффициент термического расширения, поэтому сварка конструкций из этой стали сопровождается короблением, величина которого превышает коробление при сварке углеродистых сталей;

- так как сварка конструкций из стали 08X18H10 сопровождается значительными остаточными деформациями, то делается необходимым выполнение прихваток, длина и количество которых больше, чем при сварке углеродистых сталей;

- поскольку ферритная структура приводит к снижению пластичности металла шва, при сварке стали 08X18H10 следует стремиться к получению аустенитной структуры;

- поскольку в стали 08X18H10 содержание углерода снижено по сравнению с другими аналогичными сталями, повышается восприимчивость металла сварного шва к питтинговой коррозии;

- при сварке стали 08X18H10 следует особо тщательно выбирать сварочные материалы: для ручной дуговой сварки – электроды НЖ-13, НИАТ-1 или ЭА-400/10У; для сварки под флюсом – проволока Св-04Х19Н11;

- перегрев в процессе термического цикла при сварке может усилить в последствии процессы межкристаллитной коррозии. Поэтому при сварке стали 08X18H10 следует правильно назначать и строго соблюдать параметры режима. При выполнении многопроходных слоёв следующий проход следует выполнять после остывания предыдущего валика. В противном случае происходит диффундирование углерода из основного металла к поверхности, его реакция с хромом и обеднение поверхности сварного шва хромом.

- при сварке стали 08X18H10 следует строго соблюдать технику сварки. Длинная дуга приводит к выгоранию легирующих элементов.

Таким образом, сварку конструкций из стали 08X18H10 следует вести с минимальной длиной дуги, сварной шов накладывать узкими валиками, при этом необходимо обеспечивать остывание каждого валика перед сваркой следующего валика.

1.3 Базовый процесс изготовления корпуса автоклава

Базовая технология изготовления корпуса автоклава предусматривает последовательное выполнение следующих операций: входной контроль, заготовительная, гибка обечайки, сборка и прихватка обечайки, сварка продольного шва обечайки, сварка кольцевых швов, контроль качества.

При выполнении входного контроля проводится проверка состояния листового проката. Хранение стальных листов и сортовых заготовок должно проводиться в закрытых помещениях. При этом следует исключить возможность механического повреждения или загрязнения заготовок, их контакта с цветными металлами и другими видами сталей.

При приемке листов выполняется проверка:

- на поверхности листа не допускаются дефекты в виде: раковин, сквозных разрывов, загрязнений, вкатанных окалин, вздутий, трещин;

- устранение поверхностных дефектов проводится зачисткой (допустимое уменьшение толщины листа 0,25-0,4 мм);

- на обрезных кромках проката не допускается расслоение, трещины, разрывы;

- для контроля качества листа, его поверхности, берут все листы, качество поверхности контролируется визуально без применения увеличительных приборов;

- для контроля размеров листа отбирают каждую десятую заготовку из партии;

- расслоение контролируется осмотром кромок.

Если на материалы отсутствуют сопроводительные сертификаты, следует выполнить проверку их свойств на самом производстве. При этом такая проверка должна быть выполнена до начала работ с рассматриваемыми заготовками.

Производится контроль сварочных материалов. При сварке применяются электроды типа ОЗЛ-8 диаметром 3 и 4 мм, состав и свойства которых представлены в таблицах 3 и 4.

Прокалку электродов выполняют в соответствии с указанными на упаковках режимами (температура прокалики – 190...210 °С, время прокалики – 1 час). После прокалики электродов их следует незамедлительно поместить в резервную печь, разогретую до 80...100 °С. Используемые при сварке электроды вынимаются из печи непосредственно перед сваркой. Если в течение смены не были использованы все электроды, то остаток электродов следует ещё раз прокалить. При этом общее количество прокалок электрода до его использования не должно превышать трёх, в противном случае электроды считаются непригодными для сварки.

Таблица 3 – Типичный химический состав наплавленного металла электродами ОЗЛ-8

С	Mn	Si	Ni	Cr	S	P
0,08	1,3	0,75	9,2	20,3	0,010	0,020

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла электродами ОЗЛ-8

Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV
$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$\delta, \%$	Дж/см^2
400	610	41	160

Заготовительные операции предполагают выполнение правки, разметки, резки, подготовки кромок, выполнение отверстий, гибку.

Правку листов выполняют в холодном состоянии (без предварительного нагрева) путём многократного пропускания листа между рядами валков семивалковой машины. Задана рабочая скорость правки 50...70 мм/сек. После правки волнистость не должна превышать 3 мм на 1 погонный метр.

Разметку листов производят камеральным методом, при котором все размеры, определяющие конфигурацию размечаемой детали, устанавливаются различным путем и наносятся на разметочный эскиз.

Резку листа исходной заготовки производят на листовых ножницах с наклонным ножом НЗ121.

Подготовка кромок под сварку выполняют с применением кромкострогального станка.

На подготовленных кромках следует проверить:

- форму, размеры и качество выполнения кромок (для проверки геометрии кромок применяют специальные шаблоны);
- качество зачистки наружной и внутренней поверхностей листов;
- на зачищенных поверхностях следует проверить минимальную толщину листов и её соответствие допускам.

Вальцовку цилиндрической обечайки производят на трехвалковой листогибочной машине Н2224.

Операцию вальцовки производим в несколько подходов, во время которых лист должен совершать возвратно-поступательное движение через валки.

После вальцовки заготовку при помощи консольного крана уложить на типовой роликовый стенд. Непосредственно перед сборкой следует выполнить зачистку до металлического блеска кромок и поверхности металла на ширину не менее 20 мм с внешней стороны и 10 мм – с внутренней. Далее кромки и зачищенную поверхность металла следует обезжирить. Далее следует произвести выравнивание торцов обечайки при помощи стяжек. Закрепить до роликового стенда. Выполнение прихваток проводят электродами ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Ток сварки постоянный, полярность обратная. Ток сварки – 70...90 А [11], [17]. В качестве источника питания применяется выпрямитель ВД-306М, внешний вид которого представлен на рисунке 3а.



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

Прихваточные швы следует равномерно располагать по длине стыка, соблюдая длину прихватки 10...12 мм и расстояние между прихватками 150...200 мм.

В ходе проведения операционного контроля к прихваткам предъявляются такие же требования, как и к сварному шву. Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Если прихватки имеют недопустимые дефекты, их следует удалить механическим способом.

После выполнения прихваток выполняют приварку входных и выходных технологических планок. При сварке планок используется электрод ОЗЛ-8 диаметром 3 мм, источник питания ВД-306М, ток сварки –

70...90 А.

Для выполнения технологических отверстий в заготовках под люки и штуцера применяется воздушно-плазменная резка с использованием установки ПУРМ-140, внешний вид которой представлен на рисунке 3б. Применяются параметры режима плазменной резки: ток – 120 А, расход воздуха – 300 л/мин. На кромках после реза необходимо на глубину 0,8 мм от максимальной неровности удалить механическим способом слой металла.

После сборки и прихватки обечайки её транспортируют на место сварки при помощи крана-балки. На участке сварки закрепляют обечайку в оснастке, поворачивают обечайку таким образом, чтобы свариваемые кромки находились в положении «зенит». Возбуждение дуги выполняют на технологической планке, далее выводя дугу на изделие и сваривают шов.

При сварке применяют электроды ОЗЛ-8 диаметром 4 мм. Ток сварки постоянный, полярность обратная. Сила сварочного тока 100...130 А. При завершении сварки перед обрывом дуги её следует вывести на технологическую планку.

После заполнения разделки проваривают корневой слой шва. Перед сваркой корневого слоя поворачивают обечайку на 180°. При сварке корня шва применяют электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм, сила сварочного тока - 70...90 А. Возбуждение и гашение сварочной дуги следует выполнять на технологических планках. По завершению сварки выполняют зачистку сварного шва, срезают технологические планки.

На транспортной операции при помощи мостового крана выполняют перемещение обечайки на участок сборки-сварки обечайки с днищами.

Далее обечайку помещают на роликовый вращатель, стыкуют с крышкой, выполняют стяжку крышки и обечайки. Далее следует выполнить прихватку крышки и обечайки в 3...4 х местах. Используется выпрямитель ВД-306М, электроды ОЗЛ-8, диаметром 3 мм. Сила тока 70...90 А. 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.

Сварные соединения подлежат проверке сразу после их выполнения. Приёмочный контроль проводят: визуально-измерительный (согласно РД 03-606-03), ультразвуковой (согласно ГОСТ 14782).

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. В ходе ультразвукового контроля проверяется отсутствие недопустимых дефектов в сварном шве и околошовной зоне. Объём ультразвукового контроля – 20 % [25].

Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Не допускаются следующие выявленные при ультразвуковом контроле дефекты: непровары и несплавления между слоями шва, внутренние поры более 1,0 мм, скопления и цепочки шлаковых включений.

По внешнему виду сварные швы должны быть: с гладкой или равномерно чешуйчатой поверхностью, иметь плавные переходы к основному металлу, облицовочные валики должны перекрывать друг друга 1/3 ширины, кратеры должны быть заварены.

Для проведения визуально-измерительного контроля применяются приборы, представленные на рисунке 4а: универсальный шаблон сварщика УШС-3, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером, линейка металлическая Л-300 (300 мм), лупы просмотровые 4х и 7х, лупа

просмотровая с подсветкой 3,5 х, лупа измерительная ЛИЗ-10х, рулетка, инструкция РД 03-606-03; угольник металлический, наборы щупов и радиусных шаблонов, фонарик, маркер по металлу, футляр для хранения.



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

Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп UCD-50, представленный на рисунке 4б, набор стандартных образцов, гель для УЗК.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель – повышение производительности и качества выполнения сварочных работ при изготовлении вертикального автоклава из стали 08X18H10.

Анализ конструкции изделия позволил заключить, что рассматриваемая конструкция является технологичной, и автоматизация сварки его швов является оправданной.

При выполнении базовой технологии сварки автоклава применяется ручная дуговая сварка штучными электродами.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами:

- малая производительность выполнения сварочных работ,
- работа сварщика в тяжёлых условиях,
- низкая стабильность качества сварки,
- повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- выполнить анализ альтернативных способов сварки и обосновать выбор способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- составить проектную технологию сварки.

Выполнение разделов оценочного блока предусматривает решение следующих задач:

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

2 Проектная технология изготовления корпуса автоклава

2.1 Обоснование выбора способа сварки автоклава

Выбор способа сварки рассматриваемого изделия предусматривает выполнение **четырёх** этапов.

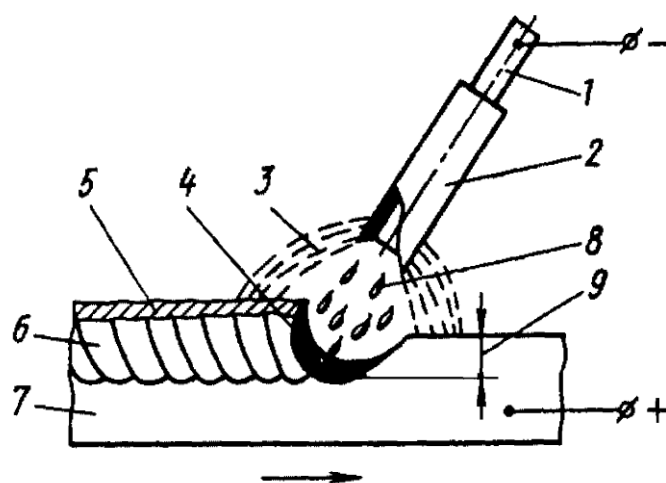
На **первом этапе** следует перечислить все возможные способы сварки, которые способны обеспечить защиту расплавленного и перегретого металла от действия воздуха. Сварка конструкций из аустенитной стали может выполняться всеми способами [17]: газовая сварка, ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, лазерная сварка, автоматическая сварка под флюсом.

На **втором этапе** следует выбрать способы сварки, пригодные для рассматриваемой толщины – 6 и 10 мм. Для рассматриваемого изделия следует признать в качестве пригодных следующие способы сварки: ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, лазерная сварка, автоматическая сварка под флюсом.

На **третьем этапе** выполняют анализ протяжённости и пространственного положения швов. Применительно к рассматриваемому изделию протяжённость швов составляет несколько метров, это или прямолинейные швы или поворотные стыки. Исходя из этого можно считать целесообразным применение следующих способов сварки: ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, автоматическая сварка под флюсом.

На **четвёртом этапе** следует выполнить анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки.

Ручная электродуговая сварка штучными электродами, схема выполнения которой приведена на рисунке 5, применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [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

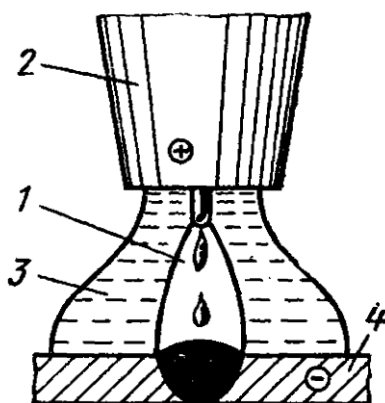
Ручная дуговая сварка получила широкое распространение благодаря своим преимуществам: простоте и дешевизне технологического оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения. Этот универсальный способ применяется при монтажных работах и выпуске товарной продукции. Пост для ручной дуговой сварки может быть организован с минимальными капитальными затратами. Выпуск новой продукции может быть начат практически сразу.

Однако, наблюдаемое в настоящий момент неуклонное падение объёмов применения ручной дуговой сварки [15]. В первую очередь, следует отметить малую производительность выполнения сварочных работ, в настоящее время ресурс повышения скорости сварки и наплавки штучными электродами за счёт назначения оптимальных режимов и сварочных материалов полностью выработан. Вторым недостатком следует признать работу сварщика в тяжёлых условиях, которые приводят к возникновению профессиональных заболеваний и заставляют увеличивать расходы на обеспечение безопасности персонала. Третьим недостаток следует признать низкую стабильность качества сварки, которая в значительной мере зависит от профессионализма и кондиции сварщика. Четвёртым недостатком следует признать повышенный расход электродного материала на угар и разбрызгивание, а также на огарки. Необходимость смены электродов не только приводит к увеличению расхода сварочных материалов, но и снижает производительность и качество сварочных работ.

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

Механизированная и автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, представленная на рисунке 6, получила широкое распространение при выполнении сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ сварки продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая отсутствует при сварке под флюсом и ограничена при ручной дуговой сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой

порошковой проволокой и сваркой под флюсом. В-четвёртых, оборудование для сварки в среде защитных газов намного проще и имеет меньшие габариты, чем для сварки под флюсом.



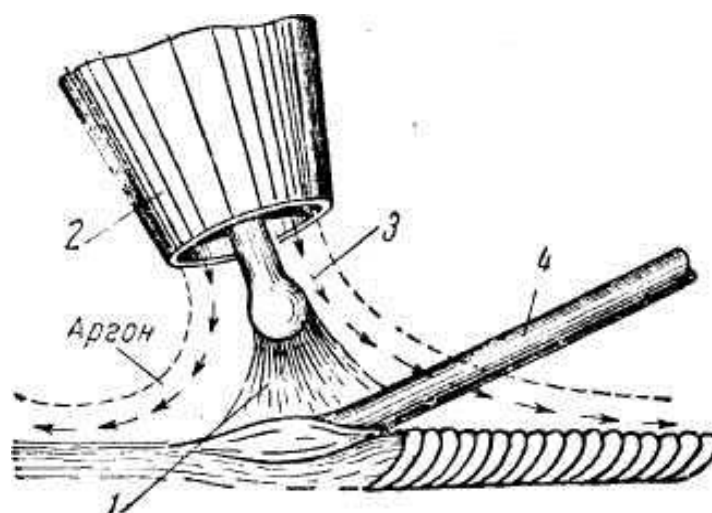
1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитный газ; 4- основной металл

Рисунок 6 – Схема сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Несмотря на явные преимущества, сварка в среде защитных газов имеет ряд недостатков. Первым недостатком является интенсивное разбрызгивание при переходе на формированные режимы сварки. Это не только увеличивает расход сварочных материалов, но снижает производительность и ухудшает качество сварки. Вторым недостатком является опасность возникновения трещин из-за пониженной текучести расплавленного металла. Также следует отметить, что необходимость применения механизма подачи проволоки и газовых баллонов существенно снижает мобильность способа.

Значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов, чему посвящено большое количество работ [8], [9], [13], [14], [19], [20], [21]. Показано, что повышение качества и производительности сварки в защитных газах, расширение области её применения возможно при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну [24].

При сварке в аргоне неплавящимся электродом, схема выполнения которой приведена на рисунке 7, обеспечивается качественная защита расплавленного и перегретого металла от действия воздуха. Этот способ сварки обеспечивает качественное выполнение корневого слоя шва, позволяет использовать присадочную проволоку различного состава и сечения. В числе недостатков аргонодуговой сварки неплавящимся электродом следует отметить: дороговизну и защитного газа, необходимость обеспечения высокой квалификации персонала, сложность и дороговизну сварочного оборудования, интенсивный износ оборудования при использовании форсированных режимов сварки [16], [22], [23], [25].



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

Рисунок 7 – Сварка в аргоне неплавящимся электродом

Сварка под флюсом, схема выполнения которой приведена на рисунке 8, может быть использована для выполнения стыковых соединений, сварка которых происходит в нижнем положении. Толщина свариваемого металла составляет 10...20 мм для двухсторонней односторонней сварки на флюсовой подушке. Преимуществами сварки под флюсом являются: возможность управления составом наплавленного металла через проволоку и флюс, хорошее качество сварки при работах на открытом воздухе, высокая производительность и малые потери на угар и разбрызгивание.

Недостатками сварки под флюсом являются: возможность ссыпания флюса с изделия, усложняется сварочное оборудование, повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса (повышается вероятность непроваров и пор), высокие требования к сборке под сварку (возможно вытекание расплавленного металла между кромками).

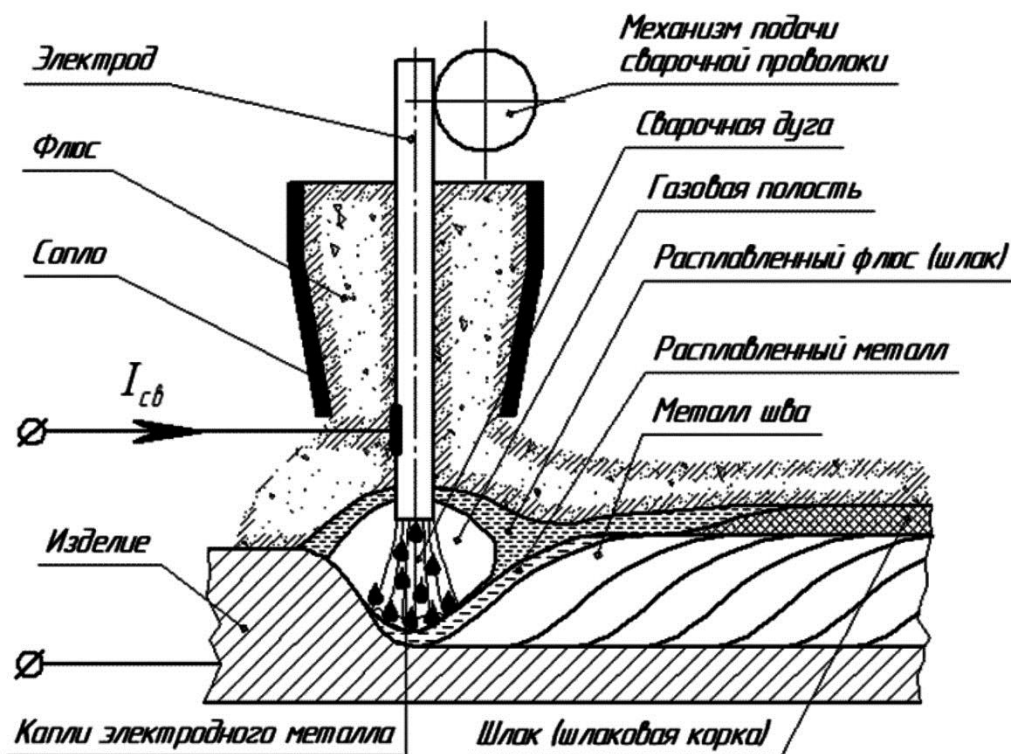


Рисунок 8 – Схема автоматической сварки под флюсом

Таким образом, для конечного анализа были выбраны следующие способы сварки: ручная дуговая сварка, сварка в инертном газе неплавящимся электродом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, автоматическая сварка под флюсом.

На основании анализ преимуществ и недостатков применения рассмотренных способов сварки принято решение для составления проектной технологии сварки использовать автоматическую сварку под флюсом.

2.2 Выбор режимов автоматической сварки под флюсом

При автоматической сварке под флюсом возможно задание следующих параметров процесса [16]: диаметр электродной проволоки; род, полярность тока; сила сварочного тока $I_{св}$; напряжение на дуге $U_{д}$; скорость подачи электродной проволоки $V_{пр}$; скорость сварки $V_{св}$; вылет электрода.

Выбор сварочной проволоки выполняется исходя из условия однородности металла сварного шва и основного металла, по свойствам и химическому составу. Сварка конструкций из стали 08X18H10 может быть выполнена с применением электродной проволоки Св-06X19H9Т [16].

Таблица 5 – Состав электродной проволоки Св-06X19H9Т [16]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P
<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 проволокой Св-06X19H9Т

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

Задание параметров режима сварки выполним, исходя из толщины свариваемого металла (6 и 10 мм) [5], [17]: диаметр электродной проволоки – 4 мм; сила сварочного тока – 650...700 А; напряжение на дуге – 29...35 В; скорость подачи проволоки – 200...240 см/мин; скорость сварки 50...55 см/мин.

В качестве флюса предлагается использовать флюс АНФ-5 [3]. Перед сваркой флюс прокаливается при температуре 350 °С в течение 1...1,5 часа. При условии хранения в сухом отапливаемом закрытом помещении флюс после прокаливания может храниться до 15 суток. По истечении указанного срока перед сваркой необходимо выполнить повторную прокаливание флюса, при этом число прокаливаний не ограничивается.

2.3 Описание технологических операций

Проектная технология сборки и сварки автоклава предусматривает последовательное выполнение следующих операций: входной контроль, заготовительная, гибка обечайки, сборка и прихватка обечайки, сварка продольного шва обечайки, сварка кольцевых швов, контроль качества.

Операции заготовительная, гибочная и операционного контроля в проектной технологии по сравнению с базовой технологией не изменяются.

При входном контроле применяется: кран-балка, лупа х4, рукавицы х/б. На листах проверить наличие клейм, заводской маркировки, сертификатов завода-изготовителя. Проверить сварочные материалы на наличие сертификатов и соответствие требованиям «Регламента входного контроля...».

При выполнении правки применяются гибочные семивалковые вальцы. Скорость правки: $V_{пр} = 50...70$ мм/с. Момент правки: 1200 кгс·м. Входящий угол валков: $90^{\circ}20'$. Волнистость листа - не более 10 мм на 1 м. Лист пропустить не менее 3х раз. Деформации, не поддающиеся правке, исправлять термическим или термомеханическим методом.

При разметке применяются: чертилка, линейка металлическая, рулетка, угольник. Разметку выполнять вручную. Точность разметки - 0,5 мм. При разметке учитывать припуск на рез. Точность измерительного инструмента не ниже 2-го класса.

При резке применяются: ножницы гильотинные Н3121; установка плазменной резки ПУРМ-140. Ход ножа – 80 мм. Число ходов ножа – 100 ходов в минуту. Точность реза – 0,5 мм.

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

При гибке применяется: трехвалковый стан, кран-балка, рукавицы х/б. Радиусгиба обечайки - 1700 мм. Допуск на диаметр обечайки – 20 мм. Овальность обечайки не более 1%. Отжига обечайки после вальцовки не

требуется.

Сборку обечайки под сварку выполняем с применением универсального сборочного приспособления, снабжённого пневматическими и механическими прижимами. После фиксирования обечайки следует проверить правильность стыковки кромок, погрешность которой не должна превышать 1 мм на сторону.

Прихватку выполняют при помощи механизированной сварки проволокой сплошного сечения. В качестве источника питания используется УДГУ-351, представленный на рисунке 9а. В качестве механизма подачи предлагается использовать полуавтомат ПДГ-312, внешний вид которого приведён на рисунке 9б.



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

Прихваточные швы следует равномерно располагать по длине стыка, соблюдая длину прихватки 10...12 мм и расстояние между прихватками 150...200 мм. Режимы выполнения прихваток: ток сварки - 190...210 А, напряжение на дуге –20...25 В, Скорость сварки – 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

В ходе проведения операционного контроля к прихваткам предъявляются такие же требования, как и к сварному шву. Не допускаются

следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Если прихватки имеют недопустимые дефекты, их следует удалить механическим способом.

После транспортирования обечайки на участок сварки её устанавливают на вращатель, обеспечивая положение свариваемого стыка «в зенит». К сварному шву подводят сварочную колонну, располагают сварочную горелку над технологической планкой. Далее включают подачу флюса, возбуждение сварочной дуги на технологической планке и выполняют сварку шва.

Для сварки применяется источник Sub Arc DC1000/1200, представленный на рисунке 10.

Завершают сварку после выхода дуги на технологическую планку. После сварки внешнего шва поворачивают обечайку на 180° и проваривают корневой слой шва. По окончании сварки удаляют корку шлака, срезают механическим способом технологические планки, и производят визуальный контроль.



а)



б)

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

Далее обечайку стыкуют с крышкой, выполняют стяжку крышки и обечайки. Далее следует выполнить прихватку крышки и обечайки в 3...4 местах. Режимы выполнения прихваток: ток сварки - 190...210 А, напряжение на дуге –20...25 В, скорость сварки – 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.

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

2.4 Сведения о производственном участке

Участок сварки автоклава включает в себя основные виды сварочного оборудования, представленные в таблице 7.

Таблица 7 – Спецификация оборудования, инструментов для производственного участка

Наименование оборудования, инструмента	Работы, операции, выполняемые на этом оборудовании или этим инструментом
1. Аппарат для ультразвукового контроля	Контроль изделия на наличие дефектов
2. Вальцы	Изгиб листов в обечайку
3. Стенд роликовый	Вращение изделия
4. Привод роликового стенда	Вращение изделия
5. Кран-балка	Выполнение операций перемещения изделий
6. Источник питания УДГУ-351АС/DC	Источник питания сварочной дуги при выполнении прихваток и приварки технологических планок
7. Источник питания Sub Arc DC 1000/1200	Источник питания сварочной дуги
8. Аппарат ПУРМ-140	Вырезка отверстий в обечайках
9. Рельсовый путь для сварочной колонны	Перемещение сварочной колонны вдоль изделия
10. Колонна с горелкой	Сварка продольных и кольцевых швов
11. Приточная вентиляция	Обеспечение воздухообмена в помещении.
12. Склад для вспомогательных инструментов	
13. Электропечь СНОЛ	Сушка флюса

Установленное на участке оборудование необходимо для выполнения заготовительных операций, проведения сварочных работ, перемещения по участку деталей.

Участок расположен в сварочном цехе предприятия, в осях колонн 1-2, 1-3. Площадь участка 288 квадратных метра. Расположенное на участке оборудование представлено в таблице 7.

Выводы по второму разделу

В выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности выполнения сварочных работ при изготовлении вертикального автоклава из стали 08X18H10.

В ходе выполнения исполнительского раздела выпускной квалификационной работы были проведены работы по анализу современного состояния сварки корпуса автоклава, сформулированы задачи на выпускную квалификационную работы и решены эти задачи.

При выполнении базовой технологии сварки автоклава применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор автоматической сварки под флюсом как основного способа при построении проектной технологии сварки.

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

После решения поставленных задач воспоследует оценочный блок, где будут проведены следующие работы: выполнить оценку предложенных в исполнительском разделе технологических решений на предмет отрицательного влияния на здоровье персонала и окружающую среду; выполнить оценку предложенных технологических решений с точки зрения получения потенциального экономического эффекта.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при изготовлении вертикального автоклава. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения и автоматической сварки под флюсом. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

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

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, представленный в таблице 8: входной контроль, заготовительная, гибка обечайки, сборка и прихватка обечайки, сварка продольного шва обечайки, сварка кольцевых швов, контроль качества.

Первая операция – входной контроль, для выполнения операции применяются кран-балка, набор строп, линейка металлическая 1000 мм, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор.

Вторая операция – заготовительная (предусматривает выполнение комплекса мероприятий по правке, разметке, резке, подготовке кромок). Для выполнения заготовительной операции применяются гибочные

семивалковые вальцы, шаблоны, чертилка, ножницы гильотиные, установка плазменной резки, кромкострогальный станок.

Таблица 8 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1) 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	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп	Кисточка, масло

Третья операция – гибка, для выполнения операции применяются четырёхвалковый стан, кран-балка.

Четвёртая операция – сборка обечайки, для выполнения операции универсальное сборочное приспособление, сварочный выпрямитель, шаблон сварщика универсальный.

Пятая операция – сварка продольного шва и шестая операция – сварка кольцевых швов, для выполнения операций применяются роликовый стенд, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки, сварочный автомат, машинка зачистная, газовое оборудование, шаблон сварщика универсальный.

Седьмая операция – контроль качества, применяются набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскоп, набор стандартных образцов для УЗК.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса согласно таблице 9.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1	2	3
1) входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 	<ul style="list-style-type: none"> - мостовой кран; - острые кромки изделия; - инструменты
2) заготовительная 3) гибка обечайки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - гильотинные ножницы; - станок кромкострогальный - листогибочная машина
4) сборка обечайки 5) сварка продольного шва 6) сварка кольцевых швов	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - универсальная сварочная оснастка; - трубины; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
7) контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковой дефектоскоп

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 10 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара согласно таблице 11 позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, представленные в таблице 12.

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

Таблица 11 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

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

Таблица 12 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 13.

Таблица 13 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

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

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 14 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, которые в таблице 15.

Таблица 14 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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

Таблица 15 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

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

Выводы по экологическому разделу

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

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

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

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

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

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности сварки вертикального автоклава. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах. Для повышения эффективности сварки предложено применять импульсное управление горением дуги.

При выполнении базовой технологии сварки автоклава применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор автоматической сварки под флюсом как основного способа при построении проектной технологии сварки. Для выполнения прихваток используется механизированная сварка в среде аргона.

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

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

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, которые представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	150	150
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы: - доплат к основной заработной плате - отчислений на дополнительную заработную плату - отчислений на социальные нужды - выполнения нормы	$K_{доп}$	%	12	12
	$K_{д}$	-	1,88	1,88
	$K_{сн}$	%	34	34
	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	250000	1200000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	25	40
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование : - норма амортизации оборудования - коэффициент транспортно-заготовительных расходов - коэффициент затрат на монтаж и демонтаж - стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Н_{а}$	%	21,5	21,5
	$K_{т-з}$	%	5	5
	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	100	100
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{пл}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha.пл.$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{зав}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, представленных в таблице 16: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{см} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{п} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{п} = 1$ час,

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

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

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

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

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

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

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

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

4.3 Расчёт штучного времени

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

операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{п-з}$:

$$t_{шт} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{п-з}. \quad (3)$$

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

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

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

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

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

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

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

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

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{Г}=40$ изделий в год.

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

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

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

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{31,5 \cdot 40}{2054 \cdot 1,03} = 0,6, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{12,25 \cdot 40}{2054 \cdot 1,03} = 0,2.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

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

$$K_{3б} = 0,6/1 = 0,6, \quad K_{3п} = 0,2/1 = 0,2.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Выполнение дуговой сварки предусматривает расходование сварочных материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут сварочные штучные электроды. При автоматической сварке под флюсом расходными материалами будут сварочная проволока и флюс. При механизированной сварке в среде защитных газов проволокой сплошного сечения расходными материалами будут защитная смесь газов и сварочная проволока.

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

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (7)$$

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

$$M_{баз.} = 976 + 8611 = 9587 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = 958 + 1240 + 1642 = 3840 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$O_{\text{сн}} = \Phi 3П \cdot K_{\text{сн}}/100. \quad (10)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Z_{\text{об баз}} = 824 + 3600 = 3424 \text{ руб.},$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 17.

Таблица 17 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>M</i>	9587	3840
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	9949	3870
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	1754	1316
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	3424	6973
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	24714	15999
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	13324	5183
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	38038	21182
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	10215	3973
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	48253	25155

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{общ.б.}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $Ц_{об.б.}$,

коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

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

Остаточную стоимость $C_{\text{об.б.}}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $C_{\text{перв.}}$ срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_A оборудования:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_T}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 85500/40 = 2138 \text{ руб./ед.}; K_{удПроектн.} = 324500/40 = 8113 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

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

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

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$П_T = \frac{100 \cdot 61}{100 - 61} = 156\%$$

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

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

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{24714 - 15999}{24714} \cdot 100\% = 35\%$$

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \text{П}_{\Gamma} \quad (29)$$

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

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (48253 - 25155) \cdot 40 = 923920 \text{ руб.}$$

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

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (30)$$

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

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

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = 923920 - 0,33 \cdot 239000 = 845050 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

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

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения для выполнения прихваток и автоматической сварки под флюсом для выполнения основных длинномерных швов. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 61 %, повышение производительности труда на 156 %, уменьшение технологической себестоимости на 35 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 0,92 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,85 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года. Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности выполнения сварочных работ при изготовлении вертикального автоклава из стали 08X18H10.

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

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор автоматической сварки под флюсом как основного способа при построении проектной технологии сварки. Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

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

Проектная технология позволяет повысить производительность труда на 156 % по сравнению с базовой технологией. Технологическая себестоимость изготовления уменьшается на 35 %. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,85 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,3 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения поставленной цели выпускной квалификационной работы. Её результаты следует внедрить в производство.

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 CO₂ 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.