

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Сварка емкостей в нефтехимической промышленности»

Студент

М.А. Харитонов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

«      »      20      г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Цель работы – увеличение производительности труда и повышение качества при сварке кольцевых обечаек емкостей нефтехимической промышленности.

Рассмотрено состояние вопроса сварки путевого подогревателя нефти, свойства материала изделия и оценка свариваемости, операции базового технологического процесса сварки, сформулированы недостатки базовой технологии, выполнен критический анализ научно-технической информации по известным техническим решениям. Разработана проектная технология сварки, выполнено описание сварочных материалов, выбраны и обоснованы оптимальных сварочных режимы, описаны операции проектного технологического процесса сварки, выбрано сварочное оборудование.

Пояснительная записка содержит 44 стр., 3 рисунка, 7 таблиц.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации .....	6
1.2 Базовый технологический процесс изготовления корпуса.....	9
1.3. Требования к контролю качества.....	17
1.4 Постановка задач работы.....	19
2. Разработка технологического процесса .....	21
2.1. Выбор способа сварки .....	21
2.2. Определение режима сварки.....	26
2.2. Технологический процесс сборки и сварки корпуса .....	27
3. Выбор оборудования.....	31
4 Безопасность и экологичность проекта.....	36
4.1 Характеристика технологии и участка сварки.....	36
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной .....	38
технологии в производство .....	38
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных.....	39
рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии .....	39
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной.....	40
безопасности разрабатываемого технологического объекта.....	40
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого .....	42
технологического объекта.....	42
4.6 Заключение по разделу .....	43
5 Экономическая эффективность проекта .....	44
5.1 Исходные данные для расчетов .....	45
5.2 Вычисление времени на операции сварки.....	46
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	48
5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов. ....	51

5.5 Цеховая себестоимость.....	57
5.6 Заводская себестоимость .....	58
5.7 Расчет экономической эффективности проекта .....	58
5.8 Выводы по экономическому разделу.....	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	62

## ВВЕДЕНИЕ

Современные отрасли промышленности предъявляют все более высокие требования к прочности, надежности и работоспособности применяемого технологического оборудования. Как правило, для получения корпусных деталей такого вида изделий применяют сварку плавлением. Например, путевые подогреватели нефти. К сварным швам данного изделия предъявляют высокие требования. Они должны быть прочные и плотные, с гарантированной глубиной проплавления и герметичные. Для изготовления путевых подогревателей используют различные материалы, но наиболее часто применяют низколегированные и низкоуглеродистые стали. Они относятся к категории легко свариваемых, и могут быть соединены разными методами сварки плавлением.

Выбор метода сварки зависит от конкретной производственной ситуации. При этом следует помнить, что высокопроизводительные методы требуют и более высоких затрат при внедрении. Так по базовой технологии применяется механизированная сварка. Однако геометрия изделия такова, протяженные продольные швы обечаек, кольцевые швы, что для автоматизации процесса не потребуются применение каких то специальных технологических приемов, следовательно, переход на автоматизированную сварку корпуса путевого подогревателя является актуальным.

Автоматизация позволяет увеличить такие показатели технологии сварки как производительность, качество получаемых сварных соединений.

Цель работы – увеличение производительности труда и повышение качества при сварке кольцевых обечаек емкостей нефтехимической промышленности.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

В настоящее время важнейшими товарами Российской Федерации на мировом рынке являются нефть и газ. Также они являются сырьем для многих предприятий в самой России, например, топливно-энергетического комплекса, нефтехимической промышленности. Таким образом, эффективная добыча и транспортировка нефти и газа к потребителям (или покупателям) является актуальной для нефтегазовой отрасли и экономики всей страны. Однако, районы добычи и потребители нефти и газа находятся на больших расстояниях друг от друга. Лидирующие позиции среди разных способов доставки нефти и газа занимает трубопроводный транспорт.

Путевые Подогреватели нефти требуются для обеспечения нужной вязкости транспортируемой в трубопроводах нефти, рис. 1. В сварном цилиндрическом корпусе подогревателя установлены 2 топки и 2 змеевика. Снаружи корпуса находится контрольно-измерительная аппаратура, штуцера для подсоединения к нефтепроводу и прочее оснащение.

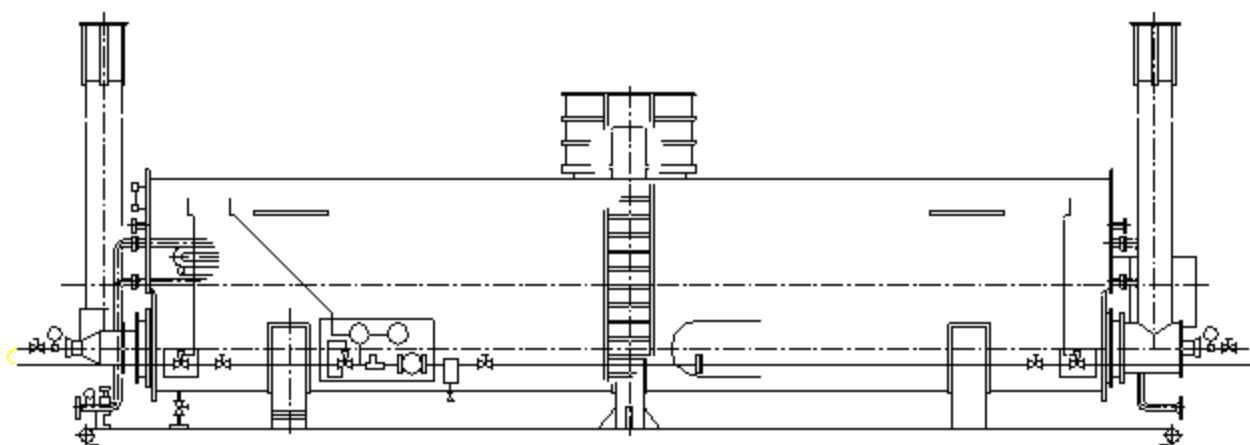


Рисунок 1.1 - Подогреватель нефти

Тепло от сгораемого в топках газа греет нефть не напрямую, а через про-

межуточный теплоноситель, температура которого достигает 90-95°C. В качестве теплоносителя применяют воду, поэтому при остановке подогревателя на срок превышающий 12 часов при минусовых температурах воду сливают.

Корпус путевого подогревателя в зависимости от требований выпускается размерами от 1500 до 3500 мм. Толщина корпуса находится в пределах 8-12 мм. И зависит, в том числе, от внутреннего давления, которое может незначительно превышать атмосферное. Внутри корпуса, как уже было сказано выше, температура доходить почти до температуры кипения воды при атмосферном давлении.

Принимая в расчет условия эксплуатации корпуса, прикладываемые к нему в процессе эксплуатации воздействия, конструкторы заложили в качестве материала корпуса сталь 09Г2С, являющуюся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры - 70...+425 °С.

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений, т.е. её сварке не требует применения предварительного подогрева и проведения последующей термической обработки.

Содержание химических элементов в стали приведено в таблице 1.1, значения механических характеристик в таблице 1.2. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать сталь марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Таблица 1.1 - Химический состав в % материала 09Г2С

Углерод	Кремний	Марганец	Никель	Сера	Фосфор	Хром	Азот	Медь	Мышьяк
до 0,12	0,5 – 0,8	1,3 – 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Таблица 1.2 - Механические свойства при  $T=20^{\circ}\text{C}$  материала 09Г2С

Сортамент	Размер, мм	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\sigma_{\text{т}}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ кДж / м <sup>2</sup>
Лист	6-14	500	350	21	-	-

Реакция на термический цикл стали 09Г2С несколько отличается от реакции обычной низкоуглеродистой стали. Основное различие заключается в некотором увеличении склонности к образованию в металле шва и околошовной зоне закалочных структур в условиях повышенных скоростей охлаждения. Повышенные скорости охлаждения в сварных швах стали 09Г2С кроме феррита и перлита вызывают образование мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. Обнаруживаемый в таких швах мартенсит носит бесструктурный характер, а бейнит представлен феррито-карбидной смесью с высокой степенью дисперсности. Количество этих структурных составляющих может изменяться и зависит от температурного цикла в процессе сварки. Снижение погонной энергии приводит к повышению количества мартенсита, бейнита и остаточного аустенита в металле шва, а также к увеличению их дисперсности.

Небольшое количество закалочных структур оказывает незначительное влияние на механические свойства сварных соединений, по причине равномерного и дезориентированного расположения этих структур в мягкой ферритной основе. Однако увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали 09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла. Также повышение прочности металла шва и его стойкости против



хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит вследствие усиления отрицательного влияния углерода и некоторых легирующих элементов, например кремния. Стойкости против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор соответствующего способа сварки, предусматривающего рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающего благоприятную форму провара.

Корпуса изготавливают из листов размером 1500x6000 мм, значения толщины листов приведены выше. Срок службы корпуса запланирован в 25 лет.

## 1.2 Базовый технологический процесс изготовления корпуса

По широте номенклатуры выпускаемой продукции и объёму выпуска производство классифицируют на массовое, серийное и единичное.

Характерным для массового производства являются большие объёмы выпуска продукции в течение продолжительного времени. Рабочие места организуют таким образом, чтобы на одном рабочем месте выполнялась одна операция. Другой особенностью организации рабочих мест в условиях массового производства является применение специализированного высокопроизводительного оборудования и значительный уровень механизации и автоматизации процессов обработки.

В качестве типичных примеров массового производства можно привести изготовление автомобилей, тракторов, мотоциклов, велосипедов, подшипников, бытовой техники.

Применяемое при массовом производстве оборудование, как правило, является дорогостоящим, но за счет массового выпуска продукции оно окупается в сжатые сроки.

Характерным для серийного производства является изготовление деталей (узлов) повторяющимися партиями. Серийное производство, в свою очередь, с учетом количества изделий в партии подразделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное.

В машиностроении применяется, в основном, серийный тип производства. В серийном производстве обработка деталей и сборка узлов построены на основе дифференциации операций. Отдельную операцию закрепляют за конкретным рабочим местом. В связи с этим необходима периодическая переналадка оборудования для того, чтобы перейти на обработку следующей партии деталей. Хотя технологические операции обработки могут выполняться на универсальном оборудовании, требуется их оснащение как специализированными приспособлениями так и универсальными. В некоторых случаях является целесообразным применение специализированных измерительных приборов.

Средняя квалификация работников в случае серийного производства выше, чем в случае массового производства.

Характерным для единичного производства являются малые объемы выпуска одинаковых изделий. Причем, как правило, не предусматривается их повторное изготовление [6,9].

Для рабочих мест в условиях единичного производства характерным является разнообразие операций и использование универсального технологического оборудования, универсальной технологической оснастки и измерительных средств [6,9].

Специальная технологическая оснастка может применяться только в случаях, когда иначе изготовить деталь невозможно. Разнообразие выполняемых работ требует рабочих высокой квалификации.

Зная тип производства можно осуществить подбор оптимального оборудования, правильно организовать рабочие места. Анализируя количество производимых за год корпусов (25-50), вес и габариты определим тип производства как мелкосерийное. В условиях мелкосерийного производства характерно применение малой механизации и автоматизации технологических процессов, использование универсального оборудования и оснастки. Исходя из этих соображений разработчики базового технологического процесса заложили в качестве оборудования универсальный роликовый стенд, на котором собирают кольцевые обечайки и сваривают их. Гибку листов в обечайки выполняют на гибочной машине. Сварку обечаек и сварку корпуса выполняют по технологии механизированной сварки в среде углекислого газа.

Начальной операцией технологического процесса является входной контроль.

Все листы должны быть промаркированы для обеспечения возможности определения марки стали, номера плавки и номера листа.

При осуществлении приема листов необходимо проверять:

- соответствие стали требованиям стандартов/технических условий, также данным, указанным сертификате;
- соответствие данных, указанных в сертификате маркировке проката;
- соответствие поверхности проката требованиям стандартов/технических условий.

При отсутствии сопроводительной документации на материалы, заводу производителю необходимо провести необходимые испытания для подтверждения требуемых характеристик, свойств и соответствия марок стали.

Используемые при сварке электроды должны соответствовать ГОСТам 9466-75 и 10052-75.

Каждая партия электродов и сварочной проволоки должна иметь сопроводительную документацию, в которой содержаться следующие данные:

- название фирмы, осуществляющей поставку;
- марка электрода, его геометрические характеристики, а также тип электрода;

- номер партии, а также дата изготовления;
- вес партии;
- результаты испытаний электродов;
- стандарт/технические условия в соответствии с которыми электроды изготовлены.

Также необходимо проверить наличие на пачке с электродами следующих данных:

- название фирмы-изготовителя;
- марка электрода, его геометрические характеристики, а также тип электрода;
- номер партии, а также дата изготовления;
- стандарт/технические условия в соответствии с которыми электроды изготовлены.
- рекомендуемые режимы сварки;
- свойства наплавленного металла;
- технологические свойства электродов.

Каждый ящик, содержащий упаковки с электродами и проволокой должен иметь наклейку с аналогичными данными. При этом каждый ящик должен иметь предупреждающие надписи, предостерегающие от хранения электродов сырости и необходимости бережной транспортировки.

Хранение, подготовка, а также контроль сварочных материалов осуществляется в соответствии с РТМ 26-304-78 "Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов"

Если нарушены условия хранения электродов или проволоки необходимо провести выборочную проверку присадочных материалов на соответствие их требуемым свойствам.

Следующим этапом выполняются заготовительные операции. К данным видам операций относятся правка заготовок, наметка листов, резка, формирование кромок, изготовление отверстий, а также гибка.

Перед наметкой и резкой необходимо выполнить операцию правки, кото-

рая заключается в пластической деформации листа в холодном состоянии.

Правка выполняется путем многократной прокатки листа между двумя рядами валиков на гибочных вальцах. Скорость прокатки составляет 5-7 см/сек. Контроль прокатки можно выполнить с помощью жесткой металлической линейки. При этом волнистость не должна превышать 3 миллиметров на погонный метр, величина прогиба не более миллиметра на погонный метр.

Так как наметка является сложной и трудоемкой операцией для ее выполнения должен быть использован рабочий с разрядом 5 и выше. Для наметки используются шаблоны.

Поскольку применяется лист 1500х6000 мм, а величина диаметра корпуса варьируется от 1500 до 3500 мм, то для обечайки корпусов диаметрами от 1500 до 1800 мм потребуется один лист. На обечайки диаметрами от 2000 до 3500 мм потребуется 2 листа.

После выполнения разметки выполняется резка листов, осуществляемая в базовом техпроцессе механическим способом.

Резка осуществляется с использованием гильотинной установки и на короткой стороне листа. Поскольку длина корпуса подогревателя 21000 миллиметров, а ширина листа 1500 миллиметров, на длину корпуса израсходуется 14 листов. Изготовление в листах технологических отверстий (например, для люков, штуцеров), производится ацетилено-кислородной резкой. Резак применяют ГРМ-70, он используют для резки стали в диапазоне толщин 3-50 мм. Вес резака составляет 630 грамм. Редукторы используют ДКП-1-65 - кислородный и ДАП 1-65 для ацетилена. После резки следует зачистить кромки абразивными кругами.

При подготовке кромок обечаек может применяться кромкострогальный станок. Величина шероховатости поверхности кромок должна соответствовать требованиям и нормам.

Если присутствуют выступы и неровности, препятствующие соединению заготовок, то их необходимо устранить с помощью шлифовального круга или

напильника.

После выполнения обработки кромок необходимо проверить:

- геометрические параметры, качество подготовки кромок и их соответствие требованиям. Проверку размеров удобно осуществлять с помощью шаблонов;
- толщину листов на соответствие допускам;
- качество зачистки поверхностей листов.

Непосредственно перед операцией сборки кромки и прилегающие к ним участки поверхности должны быть подготовлены. Для осуществления подготовки мест под сварку должны использоваться механические способы обработки либо вручную с помощью металлической щетки, либо с применением электроинструмента с абразивным кругом. При этом очистка должна проводиться до появления характерного металлического блеска поверхности.

Ширину зачищенных участков, начиная от кромки разделки, выдерживают свыше 20 мм с наружной и свыше 10 мм с внутренней стороны листов.

Гибка заготовок проводится в холодном состоянии по кривой на четырехвалковом стане, что уменьшает длину прямого участка кромок.

Для сборки под сварку применяют универсальное сборочное приспособление. Производят последовательную сборку и сварку обечайки. Необходимо проверить величину нестыковки кромок, которая должна не превышать миллиметр на сторону. В зазор необходимо установить зазорники.

Затем выполняют операцию прихватки технологией дуговой сварки штучными электродами вручную. Применяется аппарат АСДП-500.

Прихваточные швы следует распределить по периметру стыка равномерно, выдерживая расстояние между прихватками равное 0,15 – 0,20 метра. При этом длина одной прихватки должна составлять порядка 1 сантиметра. Прихватку выполняют электродами Э55 марки УОНИ-13/55. Диаметр электрода принимают 3 мм. Ток постоянный силой 110-130 А.

После выполнения прихваток их подвергают визуальному контролю. При этом руководствуются теми же требованиями, которые предъявляются к ос-

новному сварному шву.

Недопустимые дефекты, выявленные визуальным контролем удаляют механическим способом.

После выполнения прихваток выполняется сварка технологических планок. Используют сварочный аппарат АСДП-500. Силу тока принимают 120-160 ампер.

Последующее перемещение изделия на участок сварки выполняют с использованием крана мостового. На участке сварки обечайки устанавливают в оснастку таким образом, чтобы место будущего сварного соединения было в положении «зенит». Выполняют контроль наличия в должном количестве вспомогательных материалов, углекислого газа, сварочной проволоки. При выполнении данного контроля следует помнить, что их должно быть достаточно, для исключения перерывов при сварке шва.

При сварке необходимо применять  $\text{CO}_2$  высшего или I сорта в соответствии с ГОСТом 8050. Баллоны, содержащие в себе  $\text{CO}_2$ , окрашиваются в черный цвет, на них наносят надпись желтую желтой краской: "Углекислота"/" $\text{CO}_2$  сварочный". Скорость расхода  $\text{CO}_2$  при осуществлении сварки должна лежать в диапазоне от 1,1 до 1,5 м<sup>3</sup>/ч.

Качество углекислого газа снижается с увеличением в нем как воды, так и воздуха. Данные примеси скапливаются в нижней и верхней частях баллона, поэтому перед началом использования баллона рекомендуется выпустить первую порцию газа "вхолостую" и удалить появившуюся влагу.

Предотвращение замерзания влаги в редукторе, а также осушителя осуществляется путем нагрева газа с помощью устройства по типу ПУ-70.

Прилегающую к сварному шву зону покрывают пастой КО. Сварочную дугу рабочий возбуждает на технологической планке. Для облегчения доступа к выполняемому соединению сварщик взбирается на эстакаду. Сварочное оборудование в его распоряжении - полуавтомат ПДПГ-500. Присадочная проволока Св08Г2С. Диаметр электродной проволоки должен быть равен 1,8 милли-

метра. В качестве заменителя, как это было указано выше, может использоваться проволока Св09ГС, Св08ГС.

Сварочный ток 220-230 А. Скорость перемещения сварочной горелки 20-25 см/мин. Напряжение на дуге 37 В.

При выполнении сварки применяют постоянный ток прямой полярности – 220-230 ампер. Вылет электрода задают в диапазоне от 13 до 20 миллиметров. Сварку выполняют методом «углом назад».

Стоит отметить, что на устойчивость процесса сварки в среде углекислого газа в значительной степени влияет величина вылета электрода.

Так превышение вылета рекомендуемого значения приводит уменьшению устойчивости дуги и повышает силу разбрызгивания металла.

Как только дуга вышла на технологическую планку, но не ранее, ее гасят. Затем кантуют обечайку на 180°. Выполняют контроль наличия в должном количестве вспомогательных материалов, углекислого газа, сварочной проволоки. При выполнении данного контроля следует помнить, что их должно быть достаточно, для исключения перерывов при сварке шва. Прилегающую к сварному шву зону покрывают пастой КО. Сварочную дугу рабочий возбуждает на технологической планке. Сила сварочного тока теперь устанавливается чуть меньше, 190-210 А. Скорость перемещения сварочной горелки 20-25 см/мин. Диаметр проволоки 1,8 мм. Гасят дугу после выхода на технологические планки. По выполнении сварного шва, технологические планки удаляют. И контролируют шов. Не допустимыми дефектами являются трещины, непровары, шлаковые включения и врезание в основной металл в местах удаления технологических планок.

Следующий этап – обечайки укладываются на роликовый вращатель, стыкуются, стягиваются и выполняются операции их сварки по рассмотренной выше последовательности. Последовательно стыкуются все обечайки, входящие в состав корпуса и после их сварки готовый корпус подвергают операционному контролю. Выявленные по результатам контроля недопустимые дефек-



ты устраняются.

Готовый корпус транспортируют на последующие операции.

### 1.3. Требования к контролю качества

При изготовлении оборудования и агрегатов для нефтехимической промышленности следует выполнять комплексный и систематический контроль качества сварочных и сопутствующих работ. Комплексность контроля обеспечивают применяя следующие виды контроля:

- 1) Пооперационный контроль;
- 2) Визуальный контроль/осмотр сварного соединения;
- 3) Радиографический контроль (неразрушающий).

Проведение пооперационного контроля предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и заготовок на качество соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцев под сварку и качества сборки (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыках, правильность центровки, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака);

Визуальный контроль сварных соединений проводится с участием руководящего состава монтажной организации сотрудников служб контроля качества, при этом применяют необходимый измерительный инструмент.

Перед выполнение визуального осмотра требуется провести зачистку как самого шва, так и прилегающего металла (на ширине не менее 2 сантиметров

по обе стороны шва) от различных видов загрязнений, которые включают в себя брызги расплавленного металла, шлак, окалина.

Визуальному осмотру подвергаются все сварные соединения для выявления следующих дефектов сварки:

- 1) Термические трещины, заходящие на поверхность основного металла в зоне шва. А также трещины на поверхности наплавленного металла.
- 2) Наплывы и подрезы в зоне перехода от шва к основному металлу.
- 3) Дефекты следующего типа – прожоги, грубая чешуйчатость, кратеры.
- 4) Перекосы шва, вызванные отклонением от оси, а также значительное колебание ширины и высоты шва.

К внешнему виду сварных соединений предъявляются следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- в) не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы.
- в) Переходы от основного металла к наплавленному должны быть плавными, в противном случае большие наплывы должны быть подрублены и зачищены наждачным кругом до приемлемого вида.

В случае обнаружения в процессе визуального осмотра сварного соединения недопустимых дефектов необходимо произвести вырезку или ремонт дефектного сварного соединения. Исправление чрезмерной величины наплавов в месте перехода к основному металлу от шва производят применением местной подрубки и зачистки наждачным кругом до образования плавного перехода к основному металлу от шва.

Контроль сварных соединений радиографическим методом производят после устранения дефектов, которые были выявлены внешним осмотром. Оценка качества сварных соединений по результатам радиографического кон-

троля проводится с использованием балльной системы. Величина суммарного балла качества получается путём сложения наибольших баллов, которые были получены при отдельной оценке качества сварных соединений по группам дефектов. К первой группе таких дефектов относят плоскостные дефекты (трещины, несплавления, непровары). Ко второй группе таких дефектов относят объемные дефекты (поры, шлаковые включения) дефектам. Сварные соединения, которые были оценены указанным или большим баллом, следует исправлять и подвергать повторному контролю. Сварные соединения трубопроводов, которые были оценены суммарным баллом 4, исправлять не нужно, но необходимо провести дополнительный контроль с удвоенным от первоначального объема количеством стыков.

При контроле сварного шва просвечивание следует производить снаружи сквозь обе стенки. При этом источник следует располагать так, чтобы излучение проходило под углом к оси шва, что обеспечит отсутствие наложения изображений швов друг на друга.

#### 1.4 Постановка задач работы

По базовой технологии сварку выполняют с использованием дуговой сварки штучными электродами вручную для прихваток и механизированной сварки в среде углекислого газа для протяженных швов. Недостатками такого подхода являются: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов, тяжёлые условия труда сварщика. Эти недостатки должны быть устранены.

Таким образом предлагается постановка следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса и позволят достичь цели работы:

1. Применить автоматическую сварку для продольных и кольцевых швов.

2. Разработать технологию автоматической сварки
3. Обеспечить охрану здоровья и жизни рабочих участка автоматической сварки
4. Выполнить расчеты экономических показателей

## 2. Разработка технологического процесса

### 2.1. Выбор способа сварки

Применив на участке сварки роликовый вращатель и колонну со сварочной головкой можно вести сварку швов, как продольных так и кольцевых, в автоматическом режиме.

Однако для прихваток оставим ручную сварку.

А для автоматической сварки рассматриваемого сварного корпуса применение нашли следующие способы сварки плавлением [9, 10]:

- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее выберем способы сварки, которые пригодны для выполнения сварных соединений данной толщины. Применительно к листовым конструкциям можно признать пригодными следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее осуществляем выбор способов сварки, проводя анализ протяжённости, конфигурации и пространственного положения сварных швов. Дуговую сварку порошковой самозащитной проволокой следует отбросить из-за непомерно высокой стоимости проволоки. Исходя из этого в качестве пригодных способов автоматической сварки можно признать:

- механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
- сварка с применением неплавящегося электрода в инертных газах;
- сварка под слоем флюса;

Сварка в активных газах, рисунок 2.1, получила широкое промышленное применение после того, как был предложен способ механизированной сварки в углекислом газе плавящимся электродом [11]. До этого применению углекислого газа для создания защитной атмосферы препятствовало порообразование в швах, возникающее по причине кипения металла сварочной ванны от выделений монооксида углерода из-за недостаточного раскисления сварочной ванны. При использовании сварочной проволоки с повышенным содержанием кремния (Св-08ГС и Св-08Г2С) этот недостаток был устранён [12, 13], что послужило широкому использованию углекислого газа в сварочном производстве.

Промышленное применение дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах постоянно расширяется, и есть все основания полагать, что это будет происходить и в будущем. Обзор литературных источников [14...18] показывает, что данный тип дуговой сварки является самым распространенным среди других видов. При этом наблюдается тренд по вытеснению данным видом сварки ручной сварки штучными электродами.

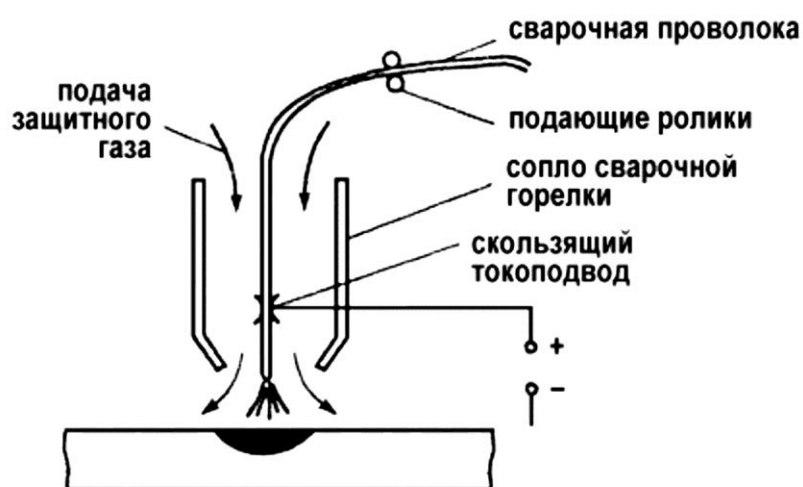


Рисунок 2.2 – Сварка плавящимся электродом под защитой газа

В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах следует отметить: во-первых, хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва; во-вторых, относительную простоту и малую стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений; во-вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием металла. Главным преимуществом механизированной сварки в среде защитных газов является повышенная вязкость расплавленного металла, позволяющая производить сварку стыковых швов на весу и производить механизацию сварки неповоротных стыков в разных пространственных положениях.

Технология дуговой сварки неплавящимся электродом в среде аргона схематично показана на рисунке 2.2. Она реализуется в автоматическом режиме, например, с помощью сварочной головки RT TIG, рисунок 2.3. Она может быть установлена на манипуляторе робота или на колонне

У данного вида сварки большое количество достоинств. Так газовая аргоновая среда в процессе сварки обеспечивает защиту металла в сварочной ванне от воздействия внешней среды. При этом происходит качественная проварка корня шва, есть возможность применения электродных проволок большой и малой толщины. При необходимости всегда можно использовать проволоку требуемого химического состава. Однако помимо достоинств, данному виду сварки присущи и недостатки: дополнительные расходы, связанные с покупкой аргона, необходима высокая квалификация сварщика, быстрый износ оборудования при выполнении сварного шва на высоких значениях тока.

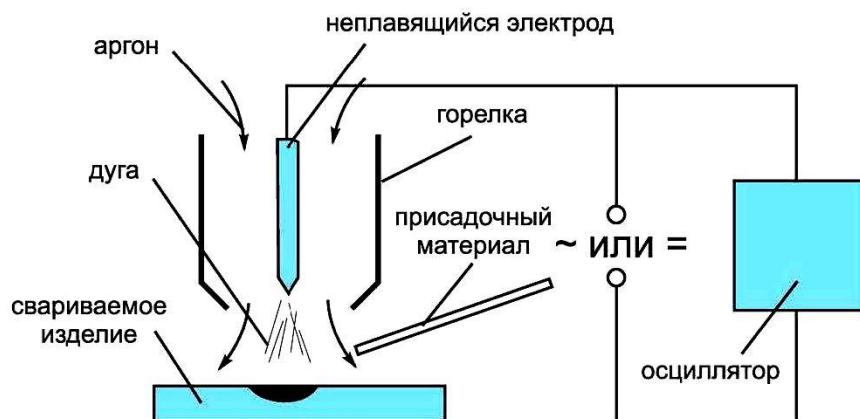


Рисунок 2.2 – Сварка неплавящимся электродом в защитном газе



Рисунок 2.3 – Сварочная головка

В сравнении со сваркой в защитных газах, сварку под флюсом можно характеризовать возможностью повышения производительность, снижения до минимума (0,5...3%) значения коэффициента потерь электродного металла на угар и разбрызгивание. Кроме этого, при горении закрытой дуги нет необходимости применять какие-либо дополнительные средства защиты от излучения дуги, брызг и возможного выплёскивания металла из сварочной ванны.

Принцип сварки под слоем флюса, рисунок 2.4, следующий. Дугу зажигают между свариваемой деталью и плавящимся электродом, предварительно, перед дугой наносят флюс слоем требуемой толщины. За счет тепла горячей



дуги под слоем флюса формируется сварочная ванна. Тепло горячей дуги расходуется также на плавление части флюса. При этом происходит образование слоя жидкого шлака. Своим давлением горячие газы и пары металла оттесняют слой шлака и образуется закрывающий зону горения сварочной дуги пузырь. После перемещения дуги расплавленный металл кристаллизуется и образуется наплавленный валик, и на поверхности валика образуется шлаковая корка. Важным преимуществом является высокая степень защиты зоны сварки и остывающего шва от атмосферного воздуха образовавшейся шлаковой коркой.

Поскольку газы и неметаллические загрязнения переходят в шлак, происходит рафинирование металла. Помимо этого, происходит обжатие дуги за счет увеличения давления в плавильном пространстве из-за облегания дуги шлаком, а это повышает эффективный коэффициент полезного действия сварочной дуги и ее проплавляющую способность.

Также из-за облегания плавильного пространства шлаком исключается разбрызгивание металла, а это позволяет увеличивать силу сварочного тока, в сравнении с ручной сваркой. Причем, потери электродного металла незначительны, не более 2-4 %. Еще одним преимуществом является отсутствие излучения сварочной дуги – она закрыта слоем флюса. Поэтому сварщику не требуется защитная маска и специальная защитная одежда.

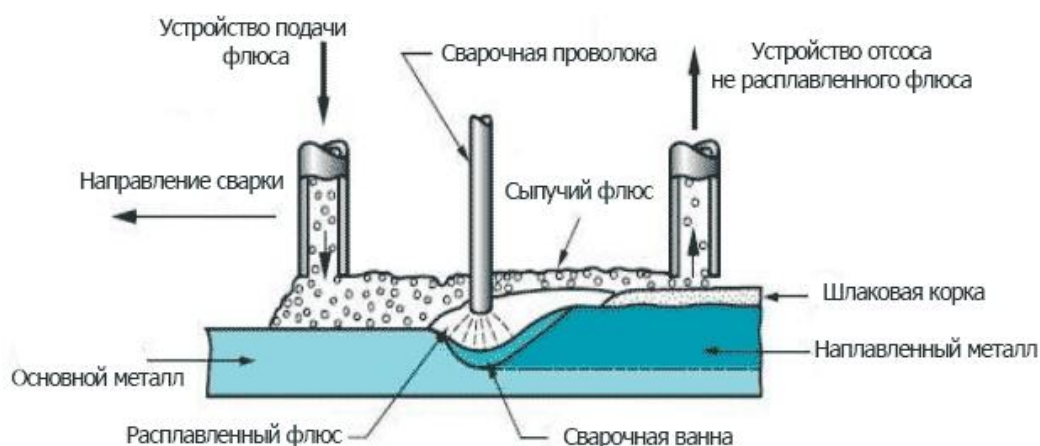


Рисунок 2.4 – Схема сварки под флюсом

## 2.2. Определение режима сварки

Сначала определимся со сварочной проволокой. Общие рекомендации по выбору сварочной проволоки таковы, чтобы было обеспечено совпадение химического состава наплавленного металла и основного. В соответствии с литературными рекомендациями для стали 09Г2С и ее заменителей следует использовать сварочную проволоку Св-08ГС.

Основные характеристики режима автоматизированной сварки под флюсом следующие:

- 1) Диаметр сечения сварочной проволоки;
- 2) Род сварочного тока, а также его полярность
- 3) Порядковый номер слоя шва;
- 4) Ток сварки  $I_{св}$  ;
- 5) Дуговое напряжение  $U_d$  ;
- 6) Скорость подачи электродной проволоки в зону сварки  $V_{пр}$  ;
- 7) Скорость выполнения сварки  $V_{св}$  ;
- 8) Значение вылета электродной проволоки [6].

При выборе режимов автоматизированной сварки под флюсом необходимо руководствоваться толщиной свариваемого металла. В нашем случае, для толщин металла корпуса, см. выше, рекомендуются следующие параметры сварки:

- Диаметр сечения сварочной проволоки – 4 миллиметра
- Ток сварки  $I_{св}$  – 660-710 ампер
- Дуговое напряжение  $U_d$  – 28-36 вольт
- Скорость подачи электродной проволоки в зону сварки  $V_{пр}$  – 210-230 см/мин
- Скорость выполнения сварки  $V_{св}$  - 50...55 см/мин

Флюс должен пройти процедуру прокалки перед тем, как он он будет использован при сварке. Марка применяемого флюса – ОСЦ-45. Данный флюс

производят путем сплавления в печи фтористого натрия и флюоритового концентрата. Полученную смесь в сухом виде измельчают до нужного состояния. Особенностью данной марки флюса является отсутствие в нем кислородных соединений.

При прокалке флюса необходимо соблюдать параметры режима. Температура прокалки должна составлять порядка  $350^{\circ}\text{C}$ , при этом допускается отклонение от данного значения на  $\pm 50^{\circ}\text{C}$ . Длительность прокалки составляет 60-90 минут. Прокаленный флюс необходимо хранить исключительно в сухом помещении и использовать его в течение 15 дней с момента прокалки. Если в течение указанного срока флюс не был использован, то его необходимо. По истечении указанного срока флюс перед применением следует вновь прокалить. Прокалку флюса можно осуществлять многократно.

## 2.2. Технологический процесс сборки и сварки корпуса

Из исходного технологического процесса мы оставим без изменений операции правки, наметки, резки, подготовки кромок, вальцовки и операционного контроля.

Сборку деталей под сварку следует осуществлять с использованием сборочного приспособления. Производится сборки и сварка обечайки. Необходимо проверить величину нестыковки кромок, которая должна не превышать миллиметр на сторону. В зазор необходимо установить зазорники. После этого осуществляется сварка прихваток. Прихватки следует располагать равномерно по всему периметру стыка. Необходимо обеспечивать расстояние между прихватками равное 0,15 – 0,20 метра. При этом длина одной прихватки должна составлять порядка 1 см. Режимы сварки прихваток в подразделе 1.2.

После выполнения прихваток их необходимо подвергнуть визуальному контролю. При этом необходимо руководствоваться теми же требованиями, которые предъявляются к основному сварному шву.

Если в результате контроля прихваток обнаружены недопустимые дефек-

ты, то их необходимо удалять путем применения механической обработки.

После выполнения прихваток выполняется сварка технологических планок.

Далее необходимо перенести деталь на участок для сварки под флюсом и установить во вращающее устройство. При этом обечайку поворачивают так, чтобы положение стыка было в «зенит». Затем к детали подводят стойку со сварочной головкой, выставляют в необходимое положение горелку (над технологической планкой). Перед началом процесса сварки необходимо проверить количества флюса в накопительном баке и сварочной проволоки на катушке.

Далее необходимо включить подачу флюса, зажечь дугу на технологической планке и приступить к сварке. В процессе сварки не допускается делать перерывы. Параметры режима сварки: ток сварки – 670-700 ампер, скорость сварки – 50-55 см/мин, напряжение дуги – 29-35 вольт, подача сварочной проволоки осуществляется со скоростью 220-250 см/мин. При завершении сварки дугу следует выводить на технологическую планку. После завершения сварки необходимо выполнить разворот детали 180°. Далее сварочная головка опускается и отводится в исходное положение, после чего ее переводят вниз и осуществляют проварку корня шва. Для этого необходимо подвести сварочную головку в положение над технологической планкой, включить подачу флюса и зажечь дугу. Параметры режима сварки: ток сварки – 650-680 ампер, скорость сварки – 50-55 см/мин, напряжение дуги – 29-35 вольт, подача сварочной проволоки осуществляется со скоростью 200-220 см/мин.

После окончания процесса сварки необходимо удалить шлак и срезать технологические планки механическим способом. Не допускается наличие трещин, непроваров, шлаковых включений, повреждение основного металла в местах удаления планок.

После этого осуществляется сварка следующей обечайки. При этом обечайку поворачивают так, чтобы положение стыка было в «зенит». Затем к де-

тали подводят стойку со сварочной головкой, выставляют в необходимое положение горелку (над технологической планкой). Перед началом процесса сварки необходимо проверить количества флюса в накопительном баке и сварочной проволоки на катушке. Далее необходимо включить подачу флюса, зажечь дугу на технологической планке и приступить к сварке. Параметры с варки такие же как и при сварке первой обечайки.

После завершения сварки необходимо выполнить разворот детали  $180^\circ$ . Далее сварочная головка опускается и отводится в исходное положение, после чего ее переводят вниз и осуществляют проварку корня шва. Для этого необходимо подвести сварочную головку в положение над технологической планкой, включить подачу флюса и зажечь дугу. После окончания процесса сварки необходимо удалить шлак, срезать технологические планки механическим способом и провести визуальный контроль.

После этого 2 обечайки стыкуются, стягиваются и выполняется сварка 3-4 прихваток. Параметры режима описаны в подразделе 2.2. Необходимо обращать внимание на расстояние между продольными швами, которое должно быть  $\geq 0,4$  метра.

Следующим шагом является выполнение сварки внутреннего подварочного шва. Параметры режима сварки: ток сварки – 350-400 ампер, скорость выполнения сварки – 40-45 см/мин.

После завершения внутреннего подварочного слоя можно переходить к сварке наружного шва, для этого необходимо поднять консоль со сварочной головкой и установить в положение  $-5^\circ$  от зенита. Параметры режима сварки: ток сварки – 450-500 ампер, скорость выполнения сварки – 40-45 см/мин.

После сварки 2-ух обечаек во вращающее устройство необходимо установить третью обечайку и произвести сварку продольного шва аналогичным образом.

Затем третья обечайка, необходимо ее состыковать со сваренным корпусом и сваривать по той же технологии, что и первые две обечайки. Таким обра-

зом сваривают весь корпус конструкции.

Изготовленный корпус необходимо подвергнуть операционному контролю. Применяем те же методы, что и в исходном варианте технологии – визуальный контроль на всей длине швов и радиографический контроль на длине 20% швов.

После завершения контроля корпус отправляется на следующие технологические операции.

### 3. Выбор оборудования

Технологию автоматической сварки корпуса путевого подогревателя можно реализовать, применив новое оборудование. Имеющееся в настоящее время сварочное оборудование: аппарат АСП-500; балластный реостат РБУ-400; сварочный полуавтомат ПДПГ-500 не обеспечивают возможности автоматической сварки.

Выбрана сварочная головка A2 S Mini Master. Она предназначена для сварки под слоем флюса. Общий вид на рисунке 3.1 и 3.2.



Рисунок 3.1 - Головка A2 S Mini Master

При ПВ 100%, может быть обеспечен максимальный сварочный ток до 800 А при диаметре присадки до 4 мм. В бункер для флюса помещается 6 литров.



Рисунок 3.2 - Головка A2 S Mini Master

Выпрямитель ВД-306 М оставим в проектном варианте для прихваток. Однако для сварки под флюсом головкой А2 имеющееся оборудование не подойдет. Выбираем источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW, рисунок 3.3. При ПВ 100% - ток 1000 А. Габариты 865x610x1320 мм. Весит источник 330 кг. Источник обеспечивает сварку на постоянном токе и переменном.





Рисунок 3.3 – Источник Aristo 1000 AC/DC SAW.

Сварочную головку для перемещения вдоль шва поместим на колонну CaB 300 S (standart), рисунок 3.4.

Характеристики колонн типа CaB 300 S: высота 3-5 м, вылет консоли 3-5 м.

Размер колонны изготовителями может быть обеспечен разный. Поэтому, применительно к путевому подогревателю высоту (А) подъема консоли примем максимальный 4070 мм, и минимальный 930 мм. Тогда высота колонны (D) составит 5170 мм. Применительно к путевому подогревателю размер консоли (G) максимальный составит 3580 мм, и минимальный 540 мм. Колонна может обеспечить переещений сварочной головки со скоростью 0,1...2,0 м/мин. Устанавливается колонна на рельсовый путь с шириной колеи 1730 мм.

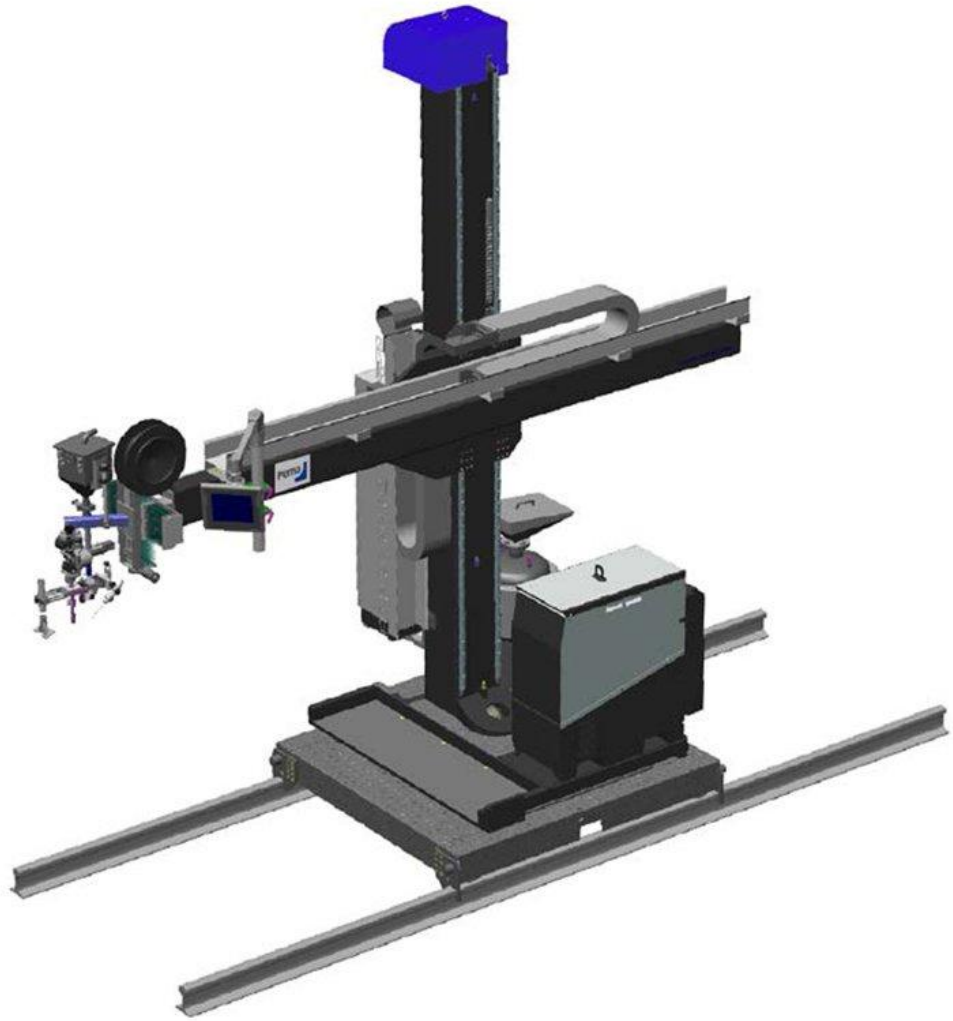


Рисунок 3.4 – Колонна CaV 300 S (standart).

Туда же, на колею будем класть опору роликовую серии SD/SI, рисунок 3.6. Эта серия роликовых опор хороша тем, что они саморегулируемые. При их грузоподъемности до 100 тонн проблем с нашим изделием не возникнет. Все четыре ролика на приводных секциях являются ведущими.

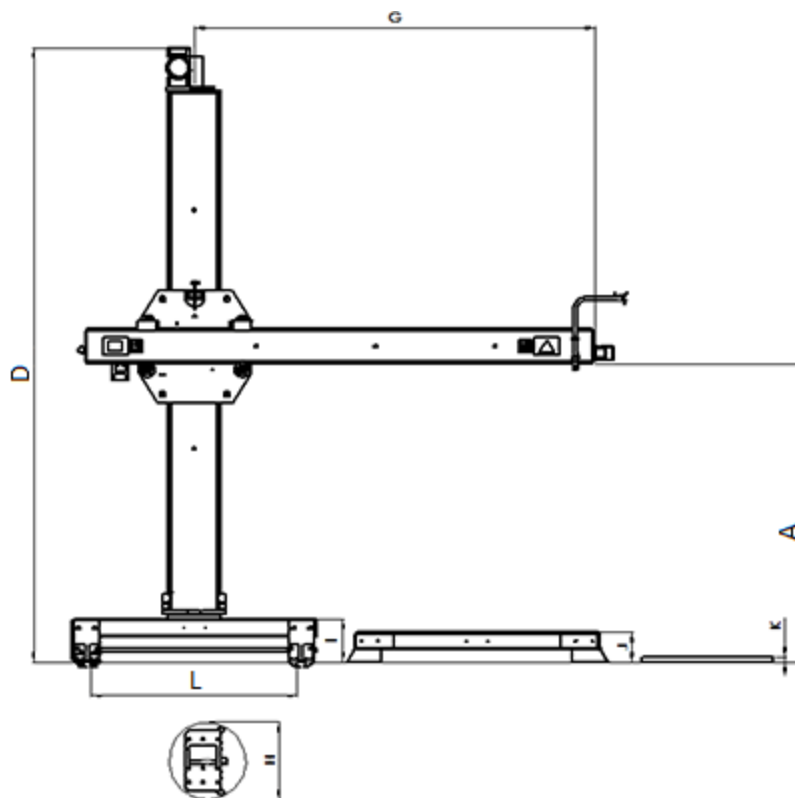


Рисунок 3.5 – Геометрические размеры колонны CaB 300 S (standart).



Рисунок 3.6 – Опора роликовая SD/SI.

## 4 Безопасность и экологичность проекта

### 4.1 Характеристика технологии и участка сварки.

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной механизированной сварки проволокой сплошного сечения на автоматическую сварку под флюсом. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение сварки под флюсом, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты рабочих и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок.

Проектная технология сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- 1) Гибка обечаек корпуса;
- 2) Сборка, прихватка, контроль;
- 3) Сварка;
- 4) Контроль качества сварки

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Гибка обечаек	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная	1) рукавицы 2) круг абразивный
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) центратор наружный 2) Выпрямитель ВД-306 М 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная	7) проволока Св-08Г2С Ø 1,2 мм 8) газ углекислый
3. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-08Г2С Ø1,2 мм 2) флюс
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный	-

## 4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка кромок	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) вращатель</li> <li>2) плазменно-воздушный резак</li> <li>3) Щётка металлическая</li> <li>4) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>
2. Сборка, прихватка, контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) центратор наружный</li> <li>2) источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW</li> <li>3) стропы</li> <li>4) шаблон УШС-3</li> <li>5) линейка металлическая</li> <li>6) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>

1	2	3
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW</li> <li>2) стропы</li> <li>3) шаблон УШС-3</li> <li>4) машинка угловая шлифовальная</li> </ul>
4. Контроль качества сварки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) лупа х4</li> <li>2) шаблон сварщика УШС-3</li> <li>3) стенд гидроиспытательный</li> </ul>

#### 4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
- Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

- Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
- Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

#### 4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при пожаре	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка оповещения о пожаре



Таблица 4.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

#### 4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 4.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходимо установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

#### 4.6 Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

## 5 Экономическая эффективность проекта

В работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварки при изготовлении подогревателя нефти. При выполнении технологии предусматривается сварка под флюсом. Применение предложенных технологических решений позволит получить снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – подготовительная; вторая – сборочная; третья операция – сварочная, четвертая операция - контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим по изменяющимся экономическим показателям.

Таблица 5.1 – Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Сварщик вручную перемещает в пространстве сварочную горелку. Качество соединения зависит от субъективных характеристик рабочего. И разряд у него высокий.	Поскольку процесс происходит автоматически, разряд рабочего может быть меньше а качество и производительность выше.
Низкая скорость перемещения сварочной горелки обусловлена малыми значениями силы сварочного тока.	Сила тока выше и скорость перемещения горелки может быть увеличена. Значит и производительность может быть выше

## 5.1 Исходные данные для расчетов

Исходные данные отражены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные

№ п/п	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Баз.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая	Нпр	штг	200	200
2	Цена присадки.	Цэл	Руб/кг	78	64
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	10	10
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Осн	%	30	30
7	Кэф. транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
8	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	85000	270000
9	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
10	Рыночная цена флюса	Цфл	Руб/кг	-	28
11	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,78	0,8
12	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
13	Удельный расход защитного газа	Узг	М <sup>3</sup> /час	50	-
14	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м <sup>3</sup>	50	-
15	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м <sup>2</sup>	1800	1800
17	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	М <sup>2</sup>	8	11
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
19	Принятая величина коэффициента затарт по демонтажу оборудования базового варианта	-	%	2	2
20	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех		2,50	2,50
21	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав		1,8	1,8
22	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
23	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

### 5.2 Вычисление времени на операции сварки

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (5.1)$$

где  $t_{шт}$  – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{маш}$  – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{всп}$  – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от  $t_{маш}$ ;

$t_{обсл}$  – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5%  $t_{маш}$ ;

$t_{отл}$  – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5%  $t_{маш}$ ;

$t_{п-з}$  – время на подготовительно – заключительные операции, 1%  $t_{маш}$ .

Машинное время рассчитаем по зависимости:

$$t_o = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где:  $M_{напл.мет}$  – масса наплавленного металла, кг/м;

$L_{ш}$  – протяженность сварных швов в корпусе, м;

$I_{св}$  – значения параметров тока сварки, А;

$\alpha_{напл}$  – коэффициент наплавки, примерно 9 Г/А\*час.

Для определения веса наплавленного металла воспользуемся зависимостью:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где  $\rho$  – плотность стали, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);

$F_H$  – поперечного сечение валика, мм<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned} F_H &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 + 33 = \\ &= 129 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

Общая длина сварных швов корпуса, рассчитанная согласно данным на чертеже изделия, составит 14351,85 см.

Подставляя данное значение в 5.3 вычислим:

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м.}$$

Подставляя полученное значение длины шва в 5.2 определим машинное время, расходуемое производственным персоналом на сварку всех обечаек корпуса

$$t_{об} = \frac{60 \cdot 1,006 \cdot 143,518}{200 \cdot 9} = 4,81 \text{ час} = 288,75 \text{ мин.}$$

Зависимость для расчета машинного времени автоматической сварки несколько отличается от 5.2.

$$t_o = \frac{60 \cdot L_{ш}}{V_{св}} \quad (5.4)$$

где  $V_{св}$  – скорость автоматического перемещения сварочной головки, 30 м/час;

$L_{ш}$  – с учетом того, что конструкция корпуса неизменна, также неизменно, если сравнивать с базовым вариантом технологии, м.

$$t_{опр} = \frac{60 \cdot 143,518}{40} = 215,277 \text{ мин.} = 3,587 \text{ час.}$$

Подставив в (5,1) заданные значения, получим:

$t_{штб} = 258,049 \text{ мин.} = 5,967 \text{ час.}$

$t_{штпр} = 266,849 \text{ мин.} = 4,447 \text{ час.}$

### 5.3 Капитальные вложения в оборудование

Расчётное определение величины капитальных затрат, сопровождающих реализацию технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.5)$$

где:  $K_{пр}$  – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{соп}$  – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения могут быть определены согласно зависимости:

$$K_{пр} = \sum C_{об} * k_з \quad (5.6)$$

где  $\sum C_{об}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_з$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.7)$$

где:  $N_{пр}$  – принятое значение годовой программы, шт.;

$t_{шт}$  – затрачиваемое штучное время на сварку одного изделия, мин.;

$\Phi_{эф}$  – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения  $N_{пр}$  округлим полученное количество оборудования до целых значений в большую сторону ( $n_{об.прин}$ ).



Тогда расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$k_z = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_k - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{\text{р.п}}) \quad (5.9)$$

где:  $D_k$  – количество дней в году;

$D_{\text{вых}}$  – выходные дни;

$D_{\text{пр}}$  – праздничные дни;

$T_{\text{см}}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$S$  – количество рабочих смен;

$k_{\text{р.п}}$  – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{\text{эф}} = (365 - 110 - 14) * 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{200 * 358,049}{1812 * 60} = 0,65 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{200 * 266,849}{1812 * 60} = 0,49 \text{ шт}$$

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,65}{1} = 0,65$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,49}{1} = 0,49$$

$$K_{\text{прб}} = 85000 * 0,65 = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 276000 * 0,49 = 135240 \text{ руб.}$$

Принятая величина сопутствующих капитальных вложений определяется по зависимости:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.10)$$

$K_{\text{монт}}$  – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования;

$K_{\text{дем}}$  – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{площ}}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.11)$$

где:  $k_{\text{монт}}$  – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса, = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 276000 * 0,2 = 55200 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.12)$$

где:  $k_{\text{дем}}$  – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж, = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 85000 * 0,2 = 17000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * \Pi_{\text{площ}} * g * k_z \quad (5.13)$$

где:  $g$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{площ}} = 10 * 3000 * 3 * 0,49 = 44100 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 31980 + 55200 + 17000 + 44100 = 148280 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.14)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 55250/200 = 220,5 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПП} = 148280/200 = 741,40 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

Затраты на материалы

$$ЗМ = ЗМ_{ОСН} + ЗМ_{ВСП}$$

Затраты на основные материалы остаются неизменными, поэтому их не учитываем

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при реализации базового варианта технологии, определяем с использованием формулы

$$ЗМ_{СВ} = ЗМ_{СВПР} + Ззг \quad (5.15)$$

Затраты на электродную проволоку

$$ЗМ_{СВПР} = Ц_{ПР} * Н_{ПР}; \quad (5.16)$$

где  $Ц_{ПР}$  – цена электродной проволоки, руб/кг;

$Н_{ПР}$  = норма расхода электродной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

$$Н_{ПР} = У * L \quad (5.17)$$

где –  $У$  - удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

$L$  – длина сварного шва, м.

$$У = kр * M_{напл.мет} \quad (5.18)$$

где  $kр$  – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{напл.мет}$  – расчетная масса наплавленного металла, 1,263 кг/м.

$$У = 1,05 * 1,006 = 1,056 \text{ кг/м.}$$

$$Н_{ПР} = 1,056 * 143,518 = 151,598 \text{ кг.}$$

$$З_{ПР} = 78 * 151,598 = 11824 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ, базовый вариант

$$З_{з.г.} = Ц_{з.г.} * Н_{з.г.} \quad (5.25)$$

где  $Ц_{з.г.}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{з.г.}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем при сварке:

$$N_{з.г.} = Y_{з.г.} * L + Y_{доп.} \quad (5.26)$$

где  $Y_{з.г.}$  – удельная норма расхода защитного газа на 1 метр шва, по стандартам предприятия, л.

$$Y_{з.г.} = q_{зг} * t_o \quad (5.27)$$

где  $q_{зг} = 10$  л/мин;

$t_o$  – основное машинное время сварки.

$$Y_{з.г.} = 10 * 288,75 = 2887,5 \text{ л/м.}$$

$Y_{доп.}$  – дополнительный расход газа на подготовительно-вспомогательной операции (продувка магистрали и т.д.), м<sup>3</sup>.

$$Y_{доп.} = t_{всп} * q_{зг} \quad (5.28)$$

где  $t_{всп}$  – вспомогательное время, необходимое для продувки шлангов, мин;

$q_{зг}$  – удельная норма расхода защитного газа за единицу времени, м<sup>3</sup>/мин.

$$Y_{доп.} = 10 * 28,875 = 288,75 \text{ л.}$$

$$N_{з.г.б} = Y_{з.г.} * L + Y_{доп.} = 2887,5 * 143,518 + 288,75 = 91696 \text{ л.}$$

$$Z_{з.г} = 414696 * 50 = 4550,6 \text{ руб.}$$

$$Z_{М_{СВБ}} = 11824 + 4550,6 = 16374 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при реализации проектного варианта технологии, определяем с использованием формулы

$$Z_{М_{СВ}} = Z_{М_{СВПР}} + Z_{М_{фл}} \quad (5.20)$$

$$Z_{М_{СВПР}} = C_{ПР} * N_{ПР}; \quad (5.21)$$

$$N_{ПР} = Y * L \quad (5.22)$$

$$Y = k_p * M_{напл.мет} \quad (5.23)$$

$$M_{напл.мет} = \rho * F_n * 10^{-3} \quad (5.24)$$

Для многопроходной сварки принимаем, что

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n \quad (5.25)$$

где  $F_1 = (6 \div 8) \cdot d_{\text{эл.}}$  – первый проход;

$F_n = (8 \div 12) \cdot d_{\text{эл.}}$  – последующие проходы.

$$F_H = 32 + 40 + 40 + 40 = 152 \text{ мм}^2$$

$$M_{\text{напл. мет. пр}} = 7,8 \cdot 152 \cdot 10^{-3} = 1,185 \text{ кг.}$$

$$U = 1,05 \cdot 1,185 = 1,244 \text{ кг/м.}$$

$$H_{\text{пр}} = 1,244 \cdot 143,518 = 178,536 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{СВПР}} = 64 \cdot 178,536 = 11424 \text{ руб.}$$

Затраты на флюс определяем по формуле:

$$ЗМ_{\text{фл}} = H_{\text{фл}} \cdot Ц_{\text{фл}} \quad (5.26)$$

где  $H_{\text{фл}}$  – норма расхода флюса на 1 погонный метр шва, кг;

$Ц_{\text{фл}}$  – цена 1 кг флюса, руб.

Расхода флюса вычислим по зависимости:

$$H_{\text{фл}} = k_{\text{фл}} \cdot H_{\text{св. пров}} \quad (5.27)$$

где  $k_{\text{фл}}$  – коэффициент учитывающий расход флюса согласно табличным данным, 1,2.

$$H_{\text{фл}} = 1,2 \cdot 178,536 = 214,243 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{фл}} = 214,243 \cdot 28 = 4992,40 \text{ руб.}$$

$$ЗМ_{\text{пр}} = 11424 + 4992,40 = 16416 \text{ руб.}$$

**Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости**

$$З_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} Ц_{\text{э-э}} \quad (5.28)$$

где  $P_{\text{об}}$  – полезная мощность оборудования, кВт;

$Ц_{\text{э-э}}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Мощность технологических установок вычисляется по значениям  $I_{св}$  и  $U_{д}$ .

$$P_{обб} = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{6 \cdot 4,812}{0,75} \cdot 2,2 = 84,70 \text{ руб.}$$

$$P_{обпр} = 600 \cdot 30 = 18000 \text{ Вт} = 18 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{ПР} = \frac{18 \cdot 3,587}{0,8} \cdot 2,2 = 177,55 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.30)$$

где  $A_{об}$  – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{т.р}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

Затраты на амортизацию оборудования

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.31)$$

где  $Ц_{об}$  – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{об}$  – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{об}^Б = \frac{85000 \cdot 358,04 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 50,38 \text{ руб}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{276000 \cdot 266,849 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 212,54 \text{ руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{m.p} = \frac{Ц_{об} * H_{m.p} * k_3}{Ф_{эф} * 100} \quad (5.32)$$

где  $H_{m.p}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$$P_{m.p}^{об} = \frac{85000 * 35 * 0,65}{1812 * 100} = 10,67 \text{ руб.}$$

$$P_{m.p}^{пр} = \frac{276000 * 35 * 0,49}{1812 * 100} = 26,12 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{об}^Б = 50,38 + 10,67 = 61,05 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{ПР} = 121,54 + 26,12 = 147,66 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$З_{плоч} = \frac{Ц_{плоч} * S_{плоч} * Ha_{плоч} * t_{шт}}{Ф_{эф} * 100 * 60} \quad (5.33)$$

где:  $Ц_{плоч}$  – цена  $1\text{м}^2$  производственной площади, руб.;

$Ha_{плоч}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{плоч}$  – площадь, занимаемая сварочным оборудованием,  $\text{м}^2$ ;

$$З_{плоч}^Б = \frac{3000 * 8 * 2 * 358,04}{1812 * 100 * 60} = 1,58 \text{ руб.}$$

$$З_{плоч}^{пр} = \frac{3000 * 11 * 2 * 266,84}{1812 * 100 * 60} = 1,61 \text{ руб.}$$

**Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.**

**Фонд заработной платы основных рабочих**

$$ФЗП = ЗП_{осн} + ЗП_{доп}. \quad (5.34)$$

Затраты на основную заработную плату.

$$ЗПЛ_{осн} = t_{шт} \cdot Сч \cdot k_{зпл} \quad (5.35)$$

где  $Сч$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{шт}$  – норма штучного времени, час;

$k_{зпл}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{зпл} = k_{нр} * k_{вн} * k_y * k_{нф} * k_H \quad (5.36)$$

где  $k_{нр} = 1,25$  – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1,1$  – коэффициент выполнения норм;

$k_y = 1,1$  – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{нф} = 1,067$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,057 * 1,133 = 1,81$$

$$ЗПЛ_{осн}^B = 5,967 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 808,83 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{осн}^{ПР} = 4,447 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 427,88 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.37)$$

где  $k_d$  – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$ЗПЛ_{доп}^B = 808,83 \cdot 10 / 100 = 80,88 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 427,88 \cdot 10 / 100 = 42,78 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗПб = 808,83 + 80,88 = 889,71 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗПпр = 427,88 + 42,78 = 470,66 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:



$$\text{Осн} = \text{ФЗП} \cdot \text{Нсоц} / 100 \quad (5.38)$$

где Нсоц – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.38) необходимые значения, получим:

$$\text{О}_{\text{СН}}^{\text{Б}} = 889,71 \cdot 30 / 100 = 266,91 \text{ руб.}$$

$$\text{О}_{\text{СН}}^{\text{ПР}} = 470,66 \cdot 30 / 100 = 141,20 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$\text{Стех} = \text{ЗМ} + \text{Зэ-э} + \text{Зоб} + \text{Зпл} + \text{ФЗП} + \text{Осн} \quad (5.39)$$

Подставив в (5.39) необходимые значения, получим:

$$\begin{aligned} \text{С}_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} &= 16374,00 + 84,70 + 61,05 + 1,58 + 889,71 + 266,91 = 17677,95 \text{ руб.} \\ \text{С}_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} &= 16416,00 + 177,50 + 147,66 + 1,61 + 470,66 + 141,20 = 17354,63 \text{ руб.} \end{aligned}$$

### 5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$\text{Сцех} = \text{Стех} + \text{Рцех}; \quad (5.40)$$

где Рцех – сумма цеховых расходов, руб.

$$\text{Рцех} = \text{Зосн} \cdot \text{кцех} \quad (5.41)$$

где кцех – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

Зосн – основная заработная плата рабочих, руб.

Подставив в (5.41) необходимые значения, получим:

$$\text{С}_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 17677,95 + 808,83 \cdot 2,5 = 17677,95 + 2022,07 = 19700,02 \text{ руб.}$$

$$\text{С}_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 17354,63 + 427,88 \cdot 2,5 = 17354,63 + 1069,70 = 18424,33 \text{ руб.}$$

## 5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав} = C_{цех} + k_{зав} \cdot Z_{осн} \quad (5.42)$$

где  $P_{зав}$  – сумма заводских расходов, руб.

$k_{зав}$  – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

Подставив в (5.42) необходимые значения, получим:

$$C_{зав}^Б = 19700,02 + 808,83 \cdot 1,8 = 19700,02 + 1455,89 = 21155,91 \text{ руб.}$$

$$C_{зав}^{ПР} = 18424,33 + 427,88 \cdot 1,8 = 18424,33 + 770,18 = 19194,51 \text{ руб.}$$

Результаты выполненных расчетов обобщим в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости изготовления одного корпуса

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб.	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	16374,00	16416,00
2	Фонд заработной платы	ФЗП	889,71	470,66
3	Отчисления на социальные нужды	О <sub>сн</sub>	266,91	141,20
4	Затраты на оборудование	Зоб	61,05	147,66
5	Затраты на площади	Зпл	1,58	1,61
	Себестоимость технологическая	Стех	17677,95	17354,63
6	Цеховые расходы		2022,07	1069,70
	Себестоимость цеховая	Сцех	19700,02	18424,33
7	Заводские расходы		1455,89	770,18
	Себестоимость заводская	Сзав	21155,91	19194,51

## 5.7 Расчет экономической эффективности проекта

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Pr_{ож.} = Э_{у.г.} = \left( C_{зав}^Б - C_{зав}^{ПР} \right) \cdot N_{пр} \quad (5.43)$$

$$\text{Э}_{\text{у.Г}} = (21155,91 - 19194,51) \cdot 200 = 392279,20 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$\text{ЭГ} = [(C_{\text{ЗAB}}^{\text{Б}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}^{\text{Б}}) - (C_{\text{ЗAB}}^{\text{ПП}} + E_{\text{Н}} \cdot K_{\text{УД}}^{\text{ПП}})] \cdot \text{Нпр} \quad (5.44)$$

$$\text{ЭГ} = [(21155,91 + 0,33 \cdot 220,50) - (19194,51 + 0,33 \cdot 741,40)] \cdot 200 = 356365,60 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

Подставив в (5.45) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{5,967 - 4,447}{5,967} \cdot 100\% = 52\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$\Delta \Pi_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.46)$$

Подставив в (5.46) необходимые значения, получим:

$$\Delta \Pi_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 52}{100 - 52} = 108\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (5.47)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{148280}{392279,20} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2. \quad (5.48)$$

## 5.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 52 %, увеличение производительности труда на 108 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 392 тыс. рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 356 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 148 тыс. рублей будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки обладает экономической эффективностью..

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель работы – увеличение производительности труда и повышение качества при сварке кольцевых обечаек емкостей нефтехимической промышленности.

Исходная технология сварки осуществляется с использованием механизированной дуговой сварки проволокой сплошного сечения. Недостатками такого подхода являются: малая производительность сварки, низкое качество выполняемых работ по причине получения множественных дефектов, тяжёлые условия труда сварщика. В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества сварки. На основании анализа существующих отечественных разработок в области сварки сосудов нефтехимии сталей рассмотрены варианты автоматической сварки. Предложена проектная технология, реализующая автоматическую сварку под флюсом.

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 50 %, повышению производительности труда на 100 %, снижению технологической себестоимости на 64,5 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 778,5 тыс. рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сварка в машиностроении. Справочник в 4-х тт.— М.: Машиностроение, 1978.
2. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением.— М.: Машиностроение, 1977
3. Данилевский В.В. Справочник молодого машиностроителя.— М.: Машиностроение, 1974
4. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие [Текст] / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
5. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
6. Белов С.В. Охрана окружающей среды., М.: Машиностроение, 1990. -372с.
7. ГОСТ 12.1.005-88. Общие сантехнические требования к воздуху рабочей зоны.
8. Селиванов В. А. Сварка трубопроводов и резервуаров из алюминия и его сплавов [Текст] / В. А. Селиванов. – М.: Стройиздат, 1976. - 233 с.
9. Сахно К. В. Технология сварки металлов: учебник для вузов [Текст] / К. В. Сахно. - Киев : Вища школа, 1977. - 180 с.
10. Общесоюзные нормы технологического проектирования ОНТП 24-86.
11. Белов С.В. и др. Безопасность производственных процессов.— М.: Машиностроение, 1985. - 448 с.
12. Юдин Е.Я. Охрана труда в машиностроении – М.: Машиностроение, 1983 – 432 с.
13. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / К.М. Великанов, Э.Г. Васильева, В.Ф. Власов и др.; Под. Общ. ред. К.М. Великанова – 5-е изд., перераб. и доп. – Л: Машиностроение отделение, 1996 – 285 с.

14. Марфин К. С. Источники питания сварочной дуги : учеб. Пособие [Текст] / К. С. Марфин. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2000. - 172 с.
15. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
16. Михлюк С. П. Технология и оборудование для сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. [Текст] / С. П. Михлюк - Ростов н/Д. : Феникс, 2002. - 215 с.
17. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
18. Карасев, М.В. Анализ наиболее эффективного использования различных видов сварочного оборудования и сварочных материалов в производстве металлоконструкций / М.В. Карасев, С.В. Исаков, Д.И. Работинский, А.В. Симонова // Сварка в Сибири. – 2002. – № 1, 2.
19. Шлепаков, В.Н. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки / В.Н. Шлепаков, А.С. Котельчук, С.М. Наумейко, А.В. Билинец // Автоматическая сварка. – 2005. – № 6. – С. 18–22.
20. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO<sub>2</sub> модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000.– № 8. – С. 48–50.

