

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)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технологический процесс изготовления корпуса емкости
для технической воды»

Студент

И.Н. Егорцев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

К.В. Моторин

(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.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время сварочные процессы являются неотъемлемой частью большинства технологий в машиностроении, строительстве, химической, аэрокосмической, автомобильной, судостроительной промышленности, трубопроводном транспорте. Ручная дуговая сварка штучными электродами ранее день занимала ведущее место в промышленности развитых стран Западной Европы, США, Японии, КНР. Однако сейчас этот способ повсеместно заменяется на более производительные способы сварки, такие как сварка плавящимся электродом в защитных газах и сварка под флюсом. Эти способы обладают высокой производительностью, обеспечивают качество сварных соединений, а также предоставляют возможность автоматизации процесса.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки металлоконструкций на примере ёмкости для хранения технической воды из коррозионностойкой стали.

В работе решены следующие задачи: 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники; 2) повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию; 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений; 4) произвести оценку безопасности и экологичности предлагаемых технических решений; 5) выполнить экономическое обоснование предлагаемых технических решений.

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.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Раздел 1 – АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СВАРКИ СОСУДОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ	
1.1 Описание объекта исследования	6
1.2 Описание и анализ свойств материала изделия	8
1.3 Описание исходного технологического процесса сварки изделия	11
1.4 Контроль качества сварных соединений	17
1.5 Постановка задач на проектирование	20
Раздел 2 – ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ СОСУДОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ	
2.1 Обоснование применяемого способа сварки	21
2.2 Режимы сварки под флюсом	26
2.3 Технологические операции	27
Раздел 3 - ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	31
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	33
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	34
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	35
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	37
3.6 Заключение по экологическому разделу	38
Раздел 4 – ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	39

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	41
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	42
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	45
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	48
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	48
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	51
4.8 Выводы по экономическому разделу	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	54

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сварочные процессы являются неотъемлемой частью большинства технологий в машиностроении, строительстве, химической, аэрокосмической, автомобильной, судостроительной промышленности, трубопроводном транспорте. Ручная дуговая сварка штучными электродами ранее день занимала ведущее место в промышленности развитых стран Западной Европы, США, Японии, КНР. Однако сейчас этот способ повсеместно заменяется на более производительные способы сварки, такие как сварка плавящимся электродом в защитных газах и сварка под флюсом. Эти способы обладают высокой производительностью, обеспечивают качество сварных соединений, а также предоставляют возможность автоматизации процесса.

Совершенствование процессов механизированной и автоматической дуговой сварки – актуальная задача, которая решается рядом технологических и технических способов. При этом основные направления совершенствования направлены на минимизацию проплавления основного металла и смешивания электродного металла, зачастую имеющего специальные свойства, с металлом обрабатываемой детали, получение благоприятной структуры наплавленного металла, способной повысить эксплуатационные свойства детали. Всегда остаются желаемыми и имеют большое значение результаты, способствующие снижению энерго- и ресурсозатрат. Актуальность работ в этом направлении дополнительно может определяться некоторым усложнением реализации способов сварки плавящимся электродом в защитных газах и под флюсом, где другие способы пока остаются более доступными для применения и не требуют применения дополнительных технических средств или технологических приёмов.

Таким образом, цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки металлоконструкций на примере ёмкости для хранения технической воды из коррозионностойкой стали.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СВАРКИ СОСУДОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

1.1 Описание объекта исследования

В работе рассматривается резервуар для хранения технической воды (рис. 1.1). Данный резервуар предназначен для хранения противопожарного запаса воды. Наличие двух горловин позволяет оперативно потушить огонь в случае пожара, а минимальная высота опор и их своеобразная конструкция существенно уменьшают габариты аппарата. Также он может использоваться для хранения дизельного топлива и аналогичных жидкостей.

Резервуар изготовлен в соответствии с ТУ, ПБ 03-584-03 "Правила проектирования, изготовления и приемки сосудов и аппаратов стальных сварных", ГОСТ Р 52630-2012 "Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия".

При производстве данной емкости сварные швы подвергаются испытанию керосином. Длительность выдерживания емкости и сварных швов при испытаниях керосином: при толщине стенок 4 мм - в нижнем положении шва - 20 мин; в потолочном вертикальном положении шва - 30 мин. При толщине стенок более 4 мм - время выдержки 25 мин и 35 мин соответственно.

Сосуд не подконтролен РОСТЕХНАДЗОРУ.

Техническое освидетельствование сосуда производится в соответствии с требованием "Правил промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением":

- наружный и внутренний осмотр ответственным за проведение производственного контроля совместно с ответственным за исправное состояние и безопасную эксплуатацию - 2 года;
- гидравлическое испытание пробным давлением 0,2 МПа (2 кгс/см²) - 8 лет.

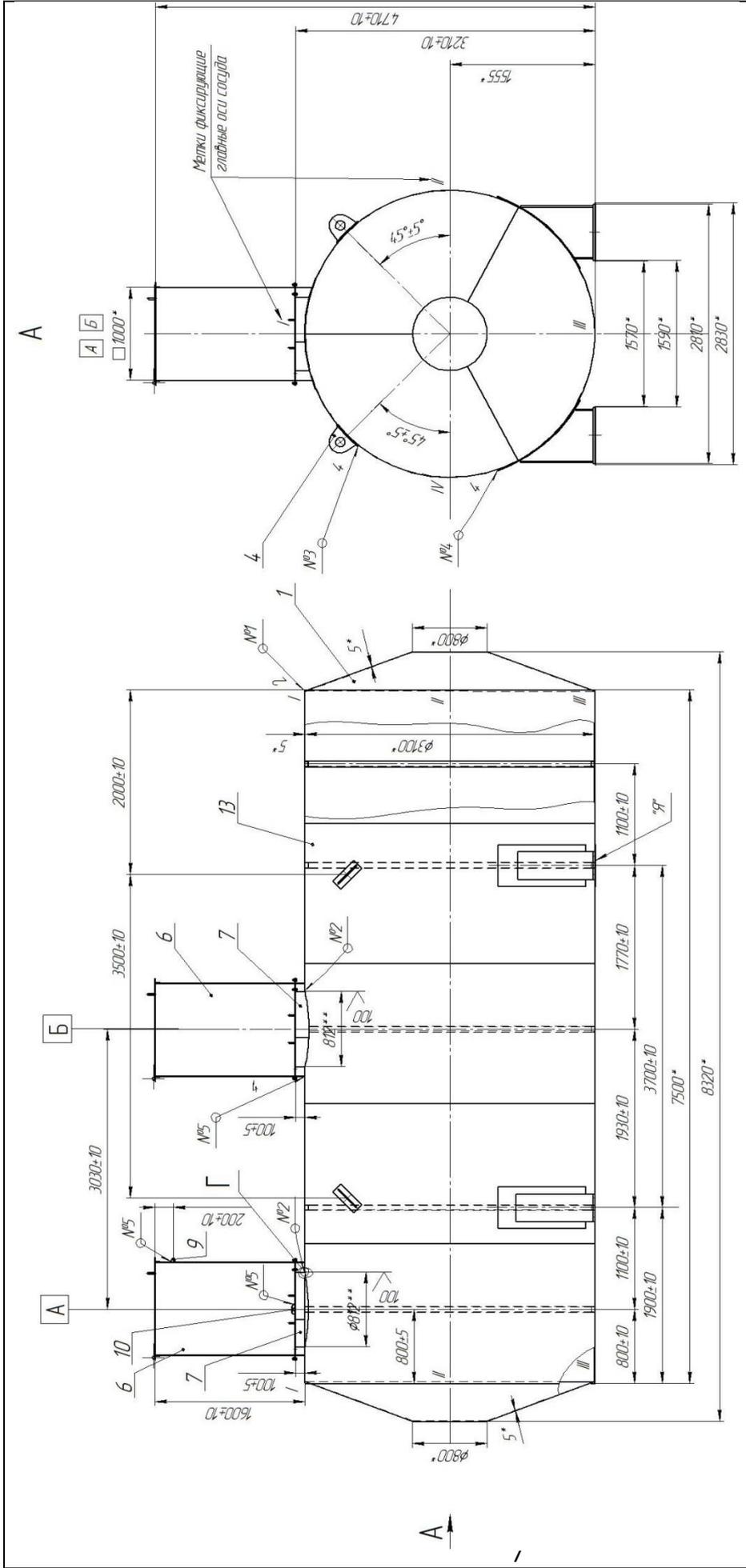


Рисунок 1.1 – Резервуар для хранения технической воды

Таблица 1.1 – Параметры сосуда

№	Название	Значение
1	Наименование рабочего пространства	Корпус
2	Назначение сосуда	Приём и хранение технической воды
3	Группа сосуда по ГОСТ Р 52630-2012	5
4	Группа рабочей среды по ТР ТС 032/2013	2
5	Вместимость, м ³	60
6	Давление рабочее	атмосферное
7	Давление расчётное, МПа	до 0,05
8	Минимальная температура эксплуатации	-40 °С
9	Класс опасности по ГОСТ 12.1.007-76	4
10	Пожароопасность по ГОСТ 12.1.004-91	Нет
11	Расчётная температура стенки	100°С
12	Основной материал	Сталь 12Х18Н10Т
13	Скорость коррозии	0,01 мм/год
14	Назначенный срок службы	50 лет
15	Число циклов нагружения за назначенный срок службы	Не более 10 тыс.
16	Габаритность сосуда	Габаритный

1.2 Описание и анализ свойств материала изделия

Сосуд изготавливают из стали 12Х18Н10Т. Марка 12Х18Н10Т является коррозионностойкой и жаропрочной сталью. Данная сталь применяется при изготовлении сварной аппаратуры, теплообменников, электродов свечей зажигания, а также других изделий, работающих в агрессивных средах. Марка 12Х18Н10Т разрешена к эксплуатации при диапазоне температур –196...+ 600 °С без требований к давлению.

ГОСТы 7350–77, 5582–72, 4986–79 предъявляют требования к отсутствию склонности у данной марки стали к коррозии межкристаллитного типа. Данная марка стали по назначению, физическим и механическим характеристика идентична маркам 08X18H10T и 10X18H9T.

Марка 12X18H10T по своему типу является аустенитной сталью, т.е. феррит содержится в малом количестве или совсем отсутствует. Данная марка обеспечивает содержание феррита в металле сварного шва в диапазоне от 2% до 10%.

Таблица 1.2 – Химсостав стали марки 12X18H10T в процентах

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
<0.12	<0.8	<2	9-11	<0.02	<0.035	17-19	<0.3	0,5 – 0,7	оставшиеся %

Мероприятия по предотвращению появления горячих трещин

- 1) При использовании ручной дуговой сваркой необходимо стремиться поддерживать короткую длину дуги, при это необходимо отказаться от поперечных колебаний электрода;
- 2) При использовании сварки под флюсом сварной шов следует выполнять на низкой скорости с минимально возможным количеством проходов;
- 3) необходимо, образовавшиеся в результате сварки кратеры заполнять до получения выпуклости или проводить их вышлифовку. Запрещено выводить кратеры на основной металл.
- 4) Если произошел обрыв дуги, то следует проверять место сварки на отсутствие кратерной трещины пред продолжением сварки. При обнаружении трещины следует воспользоваться механической обработкой для удаления кратера.
- 5) При разработке проекта сварных конструкций из аустенитных сталей рекомендуется производить замену тавровых и угловых соединений на стыковые.
- 6) При сварке толстотолщинных труб необходимо применять метод комбинирования типов электродов. При этом внутренние слои и слои

сварного шва не контактирующие с агрессивной средой изготавливаются с использованием электродов, обеспечивающих стойкость к образованию термических трещин, но не обеспечивающих стойкость к коррозии. А остальные слои сварного шва свариваются электродами, обеспечивающими коррозионную стойкость.

Мероприятия по предотвращению охрупчивания металла

Для того чтобы снять эффект охрупчивания металла, возникающий при длительной эксплуатации сварной конструкции при температуре выше 350 °С необходимо ограничить содержание феррита в металле сварного соединения.

Металл, попавший в результате сварки в зону термического влияния должна быть исследована при циклических испытаниях на разрывной машине, так такие исследования позволяют получить достоверно оценить несущей способности стали марки 12Х18Н10Т.

Циклическое нагружение стали 12Х18Н10Т приводит к снижению пластичности, а следовательно и к повышению у металла в зоне сварки склонности к хрупкому разрушению. Скорость снижения пластичности стали зависит от циклограммы нагружения и температуры.

Изучение фазового состава образцов металла из зоны термического влияния сварки после проведения циклических испытаний показало присутствие карбидов TiC и $Cr_{23}C_6$. Под действием температуры и упруго-пластических деформаций в стали происходит процесс растворения, выделения и коагуляции карбидных частиц.

Выделения данных частиц хоть и приводит к повышению прочности, но значительно снижает пластичность стали. При этом показатель прочности зависит от геометрических характеристик карбидных частиц (размер, форма).

Интенсивность образования карбидных частиц во многом зависит от величины напряжений, длительности нагружения и температуры нагрева металла.

Мероприятия по предотвращению межкристаллитной и ножевой коррозии

- 1) Сторону сварного шва направленного к коррозионной среде необходимо заваривать последней. При выполнении двухсторонней сварки следует выполнять третий облицовочный шов, направленной к коррозионной среде. Если при односторонней сварке отсутствует возможность выполнение сварного шва направленного к коррозионной в последнюю очередь, то следует принять дополнительные меры, направленные на уменьшение перегрева металла первого слоя шва последующими слоями. В том случае следует применить медные массивные прокладки, обдув воздухом, сточки зрения режимов – сварку следует выполнять на максимальной скорости, малым диаметром электродов, на малой силе тока, без поперечных колебаний;
- 2) Не допускать перегрева металла путем ограничения кратности ремонтных подварок – не более двух;
- 3) При необходимости следует выполнить полировку рабочей поверхности сварного соединения;
- 4) Для предотвращения перегрева необходимо и сохранения коррозионной стойкости стали в зоне нагрева сварку следует выполнять при минимально возможном токе, на высокой скорости в условиях отсутствия поперечных колебаний сварочного электрода.

1.3 Описание исходного технологического процесса сварки изделия

Выполнение входного контроля

Начальной операцией технологического процесса является входной контроль. К хранению стальных заготовок предъявляются следующие требования. Хранение должно осуществляться в закрытых помещениях. Допускается хранение под навесом, если исключена возможность загрязнения заготовок, их механического повреждения и контакта с цветными металлами.

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

При осуществлении приема заготовок 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.

Сварочные материалы при отсутствии сопроводительной документации необходимо проверять на склонность к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТом 6032-75.

Сварочные материалы, используемые для сварки изделий работающих при температурных режимах ≥ 350 °С, при условии отсутствия сертификатов соответствия должны проверяться на содержания феррита в металле сварного соединения.

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

Каждая партия электродов 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 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, на необходимо провести выборочную проверку электродов на соответствие их требуемым свойствам.

Выполнение заготовительных операций

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

Перед наметкой и резкой необходимо выполнить операцию правки, которая заключается в пластической деформации заготовки в холодном состоянии.

Правка выполняется путем многократной прокатки заготовки 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.

При наметке на заготовках из сталей марок 12X18H10T, 10X17H13M3T, 08X17H15M3T, а также 2-ухслойных сталей с коррозионностойким слоем запрещено повреждать рабочую поверхность.

После выполнения разметки выполняется резка заготовок, которая для марки 12X18H10T осуществляется механическим способом.

Резка может осуществляться с использованием гильотинной установки. Изготовление в заготовках технологических отверстий (например, для люков, штуцеров) выполняется воздушно-плазменным способом. Может быть использована установка ПУРМ-140. При этом значение тока - 120 ампер, а расход воздуха 300 л/мин.

При выполнении термической резки необходимо удалять металл с кромок заготовки на глубину 0,8 миллиметра от максимальной неровности в соответствии с ГОСТом 14792-60.

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 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.

Перед тем как выполнять сборку заготовок необходимо выполнить зачистку кромок до характерного металлического блеска и обезжирить поверхность. Ширина зачистки ≥ 2 см с наружной стороны и ≥ 1 см с внутренней стороны листа.

Выполнение гибки

Гибка заготовок проводится в холодном состоянии по кривой. Холодная гибка низкоуглеродистых низколегированных сталей производится с радиусом кривизны $\geq 25n$ (n – толщин листа).

В нашем случае требуемый радиус гибки 0,8 метра, что соответствует условию $\geq 25n$ ($\geq 0,8$ метра).

Вальцовка осуществляется на четырехвалковом стане, что уменьшает длину прямого участка кромок листа в месте стыка.

Выполнение сборки и сварка прихваток

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.

К сварке можно приступать только после оценки отделом технического контроля правильности сборки поверхностей.

Сначала выполняются прихватки ручной дуговой сваркой. Для сварки используется источник тока ВД-306 М. При осуществлении сборки стыка надо учитывать необходимость свободной усадки металла шва. Запрещено производить сборку стыка с натягом.

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.

При выполнении прихваток используются электроды с основным покрытием марки ОЗЛ-8 с диаметром поперечного сечения, равным 3 миллиметрам. При этом используется постоянный ток обратной полярности – 50-100 ампер.

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 дефекты, то их необходимо удалять путем применения механической обработки.

После выполнения прихваток выполняется сварка технологических планок. При этом используется источник тока ВД-306 М. Сила тока задается в диапазоне от 90 до 150 ампер.

Выполнение сварки обечаек

Для транспортировки изделия на участок сварки можно использовать кран-балку. На участке сварки изделие закрепляют в оснастке, свариваемые кромки устанавливают в положение «зенит». Зажигание дуги должно проводиться исключительно на технологических планках. Для облегчения работы сварщика (при сварке в верхнем положении) применяется порталная установка и эстакада.

Для сварки используется источник тока ВД-306 М.

При сварке используются электроды марки ОЗЛ-8 с диаметром поперечного сечения 4 миллиметра. При этом сила сварочного тока должна соответствовать диапазону 90-150 ампер, при этом напряжение дуги - 37 вольт.

При завершении процесса сварки дугу необходимо выводить на технологическую планку. Затем производят сварку корня шва. При этом сила тока должна соответствовать диапазону 90...150 ампер. Диаметр поперечного сечения электродов – 4 миллиметра. Зажигание и обрыв дуги

должны производиться исключительно на технологических планках.

После сварке шов необходимо зачистить, а технологические планки срезать. При визуальном контроле шва необходимо убедиться в отсутствии трещин, непроваров, шлаковых загрязнений, повреждений основного металла в местах удаления планок.

Сварка обечайки и крышек

На данном этапе осуществляется транспортировка обечайки на сборочно-сварочный участок. Для этого используется мостовой кран. На участке обечайки укладываются на роликовый вращатель. Здесь же осуществляется стыковка, стяжка и сварка прихваток. Количество прихваток составляет 3-4 штуки. В качестве транспортировочного оборудования может быть использована кран-балка. При сварке используется источник ВД-306 М, электроды марки ОЗЛ-8 с диаметром поперечного сечения 3 миллиметра. Ток сварки выбирается равный 50-100 ампер.

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 – 90-150 ампер. При этом Сварщик располагается на эстакаде, а изделие вращается.

Затем проводят сварку внутреннего шва.

1.4 Контроль качества сварных соединений

Типы контроля качества сварки

Чтобы поддерживать качество сварки на требуемом уровне применяют 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 бригадиров сварочно-монтажных бригад, инженерно-технических работников, а так же работников службы 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, вызванное 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 контроля 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 объёмные 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 объёма 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.

1.5 Постановка задач на проектирование

Исходная технология сварки осуществляется с использованием дуговой сварки штучными электродами вручную. 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. Для этого предлагается решение следующих задач, которые были сформулированы по результатам анализа состояния вопроса:

- 1) обосновать замену способа сварки на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) повысить эффективность выбранного способа сварки применительно к рассматриваемому изделию;
- 3) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений;
- 4) произвести оценку безопасности и экологичности предлагаемых технических решений;
- 5) выполнить экономическое обоснование предлагаемых технических решений.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВАРКИ СОСУДОВ ИЗ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

2.1 Обоснование применяемого способа сварки

Для изготовления рассматриваемого сварного сосуда из коррозионностойких сталей применение нашли следующие способы сварки плавлением [9, 10]:

- 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;
- газовая сварка;
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой.

Далее выберем способы сварки, которые пригодны для выполнения сварных соединений данной толщины. Применительно к листовым конструкциям толщиной трубам с рассматриваемой толщиной стенки 6 мм 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 можно признать:

- 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;

В числе преимуществ дуговой сварки с применением штучных электродов (рис. 2.1) следует отметить: во-первых, гарантированное качественной шлаковой защиты сварного шва при условии равномерного плавления металла электрода и обмазки; во-вторых, возможность легирования металла шва. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

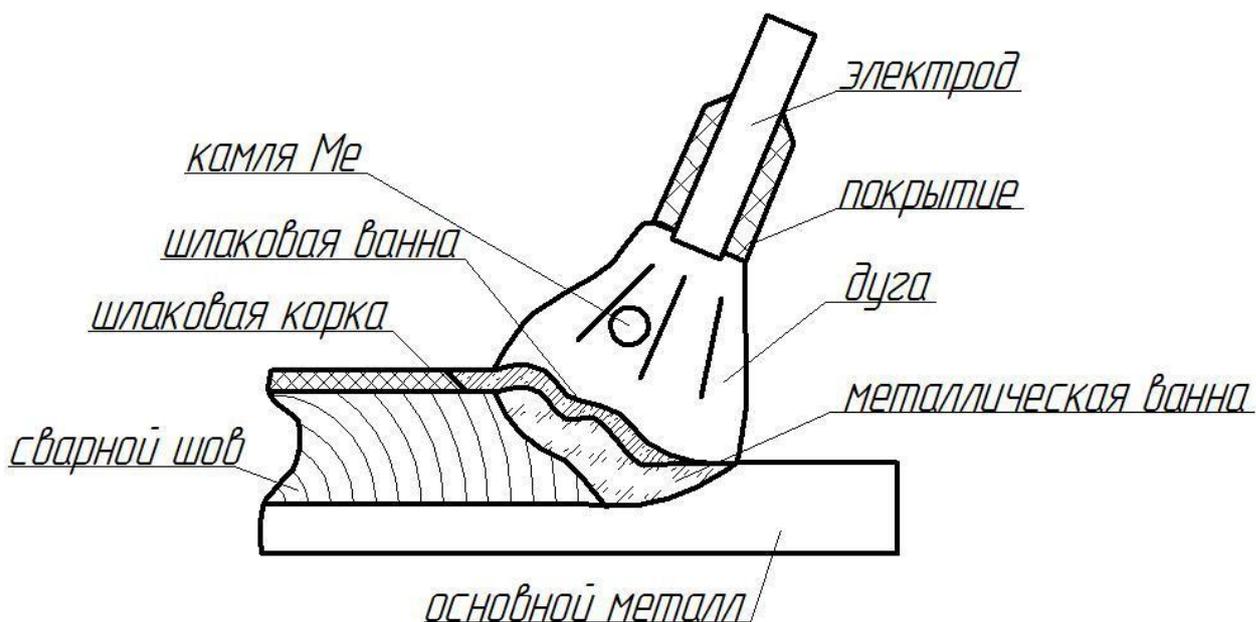


Рисунок 2.1 – Дуговой сварки штучными электродами

Сварка в активных газах (рис. 2.2) 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.

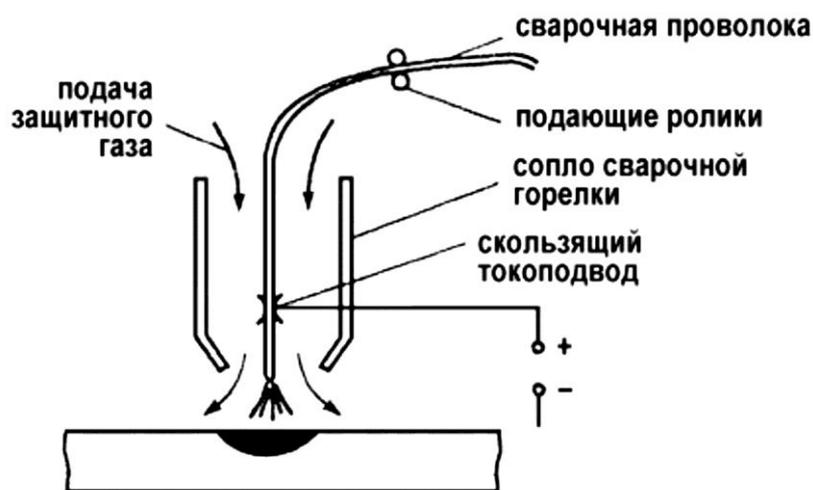


Рисунок 2.2 – Сварка плавящимся электродом под защитой газа

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 2.3. 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 применение электродных проволок большой и малой толщины. При необходимости всегда можно использовать проволоку требуемого химического состава. Однако помимо достоинств, данному виду сварки присуще и недостатки: дополнительные расходы, связанные с покупкой аргона, необходима высокая квалификация сварщика, быстрый износ оборудования при выполнении сварного шва на высоких значениях тока.

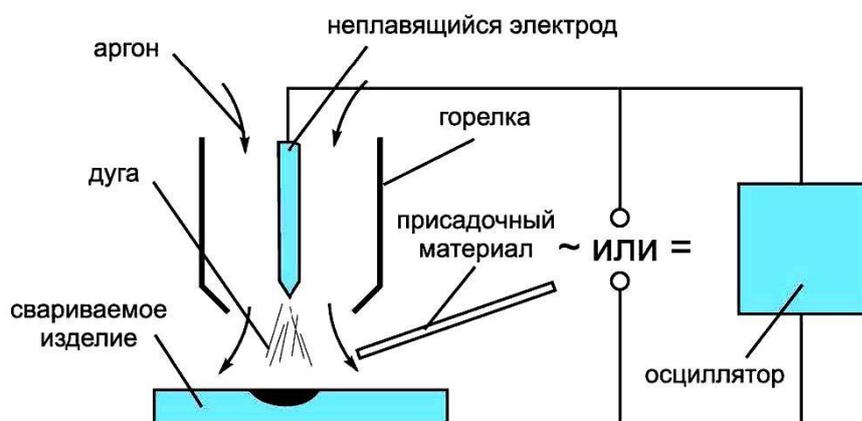


Рисунок 2.3 – Сварка неплавящимся электродом в защитном газе

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.

При проведении сварки под флюсом (рис. 2.4) горение дуги происходит между электродом и изделием, на поверхности изделия образуется ванночка расплавленного металла. Участок, на котором производится сварка, покрывают толстым слоем сыпучего флюса. Под действием горячей дуги флюс частично расплавляется, при этом дуга горит внутри полости, имеющей эластичную оболочку из расплавленного флюса – шлака. Шлак осуществляет надёжную изоляцию жидкого и перегретого металла от воздуха, предотвращает разбрызгивание электродного металла и сохраняет тепло дуги. При затвердевании металла происходит образование наплавленного валика, покрытого шлаковой коркой и нерасплавившимся флюсом.

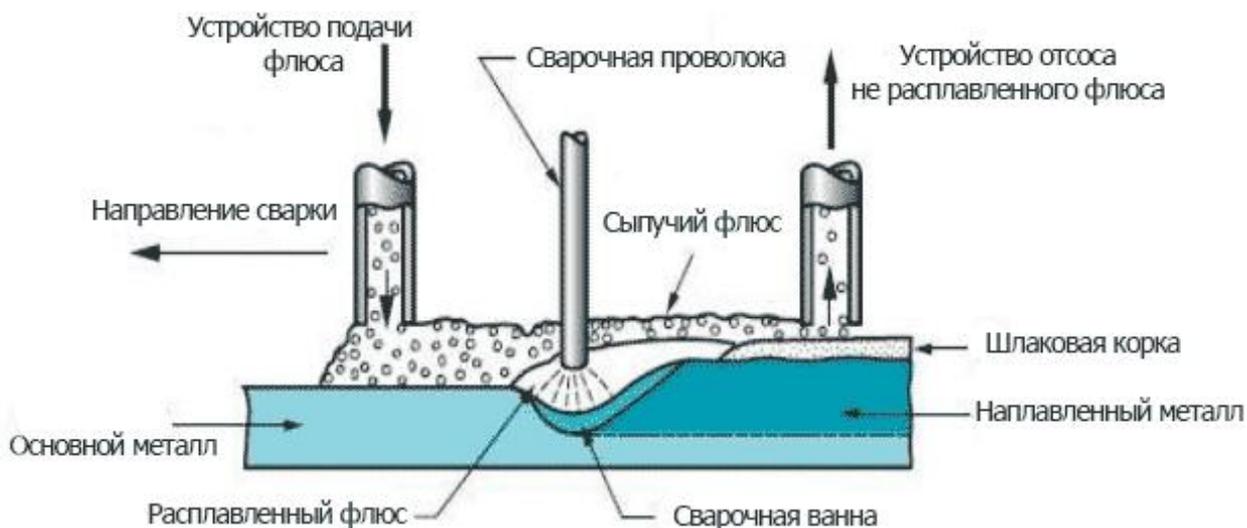


Рисунок 2.4 – Схема сварки под флюсом

2.2 Режимы сварки под флюсом

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 марки сварочной проволоки необходимо руководствоваться необходимостью обеспечения однородности как физико-механических свойств металла в зоне сварки, так и химсостава.

Для случаев, когда производится сварка деталей из стали марки 12Х18Н10Т, рекомендуется применение проволоки марки Св-06Х19Н9Т [6].

Таблица 2.1 – Химсостав проволоки Св-06Х19Н9Т [6]

С	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

При выборе режимов автоматизированной сварки под флюсом необходимо руководствоваться толщиной свариваемого металла. В нашем случае, для толщины металла 1 см 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 - АНФ5. 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°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.

2.3 Технологические операции

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: ток сварки – 190-210 ампер, напряжение дуги 20-25 вольт, скорость сварки – 10-15 м/час, расход защитного газа – 10-12 л/мин.

В качестве защитного газа применяется аргон. Применяемый источник тока – УДГУ-351АС/DC, который используется совместно с полуавтоматом ПДГ-302. В качестве электродной проволоки используется марка Св-06Х19Н9Т диаметром сечения 1,2 мм. При осуществлении сборки стыка надо учитывать необходимость свободной усадки металла шва. Запрещено производить сборку стыка с натягом.

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 дефекты, 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 сварочной установке необходимо использовать головку марки АБС. 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 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. Параметры с варки такие же как и при сварке первой обечайки.

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. 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.. В отличие от исходного техпроцесса сварку прихваток выполняют механизированным способом. Параметры режима выбираются согласно пункту 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° 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 состыковать со сваренным корпусом и сваривать по той же технологии, что и первые две обечайки. Таким образом 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 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на сварку под флюсом. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является механизация и автоматизация сварочных процессов, применение способов, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, стабилизировать перенос 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 сварщика и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок.

Проектная технология сварки сосуда предусматривает выполнение следующих операций: входной контроль, заготовительная, гибка, сборка, транспортировка, сварка продольных швов, сварка кольцевых швов, контроль качества.

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. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Универсальное сборочное Приспособление, выпрямитель ВД-306 М, шаблон сварщика универсальный	Электроды ОЗЛ-8
3. Осуществление сварки продольных швов	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Роликовый стенд, головка сварочная АБС, выпрямитель сварочный Sub Arc DC 1000/1200, машинка шлифовальная МШУ-1-6-230, шаблон сварщика универсальный	Проволока Св-06Х19Н9Т, круг абразивный, флюс АНФ5
4. Осуществление сварки кольцевых швов	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Роликовый стенд, головка сварочная АБС, выпрямитель сварочный Sub Arc DC 1000/1200, машинка шлифовальная МШУ-1-6-230, шаблон сварщика универсальный	Проволока Св-06Х19Н9Т, круг абразивный, флюс АНФ5
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновский	Плѐнка типа РП

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –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. Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин 	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная
2. Сборочная операция	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	Универсальное сборочное Приспособление, выпрямитель ВД-306 М, шаблон сварщика универсальный
3. Осуществление сварки продольных швов	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной и УФ радиации в рабочей зоне 	Роликовый стенд, головка сварочная АБС, выпрямитель сварочный Sub Arc DC 1000/1200, машинка шлифовальная МШУ-1-6-230, шаблон сварщика универсальный

Продолжение таблицы 3.2

4. Осуществление сварки кольцевых швов	<ul style="list-style-type: none"> - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной и УФ радиации в рабочей зоне 	Роликовый стенд, головка сварочная АБС, выпрямитель сварочный Sub Arc DC 1000/1200, машинка шлифовальная МШУ-1-6-230, шаблон сварщика универсальный
5. Проведение зачистки сварного шва	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	Шлифмашинка, молоток, зубило
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	Аппарат рентгеновский

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

Таблица 3.3 - 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. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение уровня УФ волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - 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 тушении	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 3.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка изделия	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 3.6 – 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 стыка, сварка стыка 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.

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – 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 стыка, сварка стыка 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 3.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка сосуда
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима 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.

3.6 Заключение по экологическому разделу

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. 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.

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварки при изготовлении сосудов из коррозионностойкой стали для хранения технической воды. 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, четвёртая операция - контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим по изменяющимся экономическим показателям.

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	1	1
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
3	Принимаемый разряд робота	Р.р.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	100	100

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м ²	150	150
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	5	5
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб.	9800	54120
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	150	150
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	4,2	4,2
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	2,15	2,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	$t_{\text{МАШ}}$	час	19,3	9,56

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$F_H = (D_p \cdot T_{\text{см}} - D_{\text{п}} \cdot T_{\text{п}}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где $T_{\text{см}}$ – принятая продолжительность смены;

D_p – общее количество рабочих дней в году;

$D_{\text{п}}$ – общее количество предпраздничных дней;

$T_{\text{п}}$ – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

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

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТЛ}} + t_{\text{П-З}}, \quad (4.3)$$

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

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

$t_{\text{ВСП}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{МАШ}}$.

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 19,3 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 25,06 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 9,56 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 12,53 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_3}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где F_3 – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время на выполнение сварки одного изделия;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$Пг_{\text{баз.}} = 2054/25,06 = 81$ изделие за год;

$Пг_{\text{проектн.}} = 2054/12,53 = 164$ изделия за год.

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $Пг = 50$ изделий за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

где $t_{\text{шт}}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного изделия;

$Пг$ – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{Э}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;

$K_{\text{ВН}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{РАСЧ.б}} = \frac{25,06 \cdot 50}{2054 \cdot 1,1} = 0,55 \text{ед.}$$

$$n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{12,53 \cdot 50}{2054 \cdot 1,1} = 0,27 \text{ед.}$$

На основании проведённых расчётов принимаем две единицы оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$Kз = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где $n_{\text{РАСЧ}}$ – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$ – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$Kзб = 0,55/1 = 0,55$$

$$Kзп = 0,27/1 = 0,27$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{Т-з}, \quad (4.7)$$

где C_M – стоимость сварочных материалов;

$K_{Т-з}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

$$M_{\text{баз.}} = 975,84 + 8611 = 9586,84 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 958,359 + 1642,32 = 2600,679 \text{ рублей}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной. Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 25,06 \cdot 43,86 \cdot 1,88 = 2066,367 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 12,53 \cdot 43,86 \cdot 1,88 = 1033,183 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где $K_{\text{доп}}$ – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 2066,367 \cdot 12/100 = 247,964 \text{ рублей};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 1033,183 \cdot 12/100 = 123,982 \text{ рублей};$$

$\PhiЗП_{\text{базов..}} = 2066,367 + 247,964 = 2314,331$ рублей;

$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 1033,183 + 123,982 = 1157,165$ рублей.

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

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

где $K_{\text{сн}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 2314,331 \cdot 35,6 / 100 = 823,901$ руб.

$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 1157,165 \cdot 35,6 / 100 = 411,950$ руб.

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

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

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования;

$P_{\text{э-э}}$ – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – принятое значение стоимости оборудования;

$N_{\text{а}}$ – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{обб}} = \frac{9800 \cdot 18 \cdot 25,06 \cdot 0,55}{2054 \cdot 100} = 10,164 \text{ рублей}$$

$$A_{\text{обпр}} = \frac{54120 \cdot 18 \cdot 12,53 \cdot 0,27}{2054 \cdot 100} = 7,13 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

где $M_{\text{уст}}$ – принятое значение мощности установки;

$C_{\text{э-э}}$ – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{э-ЭБ}} = \frac{8,1 \cdot 25,06 \cdot 1,79}{0,7} = 318,978 \text{ рублей}$$

$$P_{\text{э-ЭПР}} = \frac{21 \cdot 12,53 \cdot 1,79}{0,8} = 361,803 \text{ рублей}$$

$$\text{Зоб}_{\text{баз.}} = 10,164 + 318,978 = 329,142 \text{ руб.}$$

$$\text{Зоб}_{\text{проектн.}} = 7,13 + 361,803 = 368,933 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$Z_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $P_{\text{пл}}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

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

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

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 150 \cdot 25,06}{2054} = 3660,17$$

$$P_{\text{ПЛПР}} = \frac{2000 \cdot 150 \cdot 12,53}{2054} = 1830,08$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{C_{\text{ПЛ}} \cdot Na_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ПТ}}}{F_{\text{з}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $Na_{\text{ПЛ}}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$C_{\text{ПЛ}}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{3000 \cdot 2 \cdot 150 \cdot 25,06}{2054 \cdot 100} = 109,805$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{3000 \cdot 2 \cdot 150 \cdot 12,53}{2054 \cdot 100} = 54,90$$

$$З_{\text{ПЛБаз.}} = 3660,17 + 109,805 = 3769,975 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПРпроектн.}} = 1380,08 + 54,9 = 1434,98 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

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

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9586,84 + 2314,331 + 823,901 + 329,142 + 3769,975 = 16824,189 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 2600,679 + 1157,165 + 411,950 + 368,933 + 1434,98 = 5973,707$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 16824,189 + 2,15 \cdot 2066,367 = 16824,189 + 4442,689 = 21266,878 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 5973,707 + 2,15 \cdot 1033,183 = 5973,707 + 2221,34345 = 8195,05 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 21266,878 + 2,5 \cdot 2066,367 = 21266,878 + 5165,917 = 26432,795 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 8195,05 + 2,5 \cdot 1033,183 = 8195,05 + 2582,957 = 10778,007 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектный.
1	Материалы	М	9586	2600
2	Фонд заработной платы	ФЗП	2314	1157
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	823	411
4	Затраты на оборудование	Зоб	329	368
5	Расходы на площади	Зпл	3769	1434
	Себестоимость технологич.	Стех	16824	5973
6	Расходы цеховые	Рцех	4442	2221
	Себестоимость цеховая	Сцех	21266	8195
7	Расходы заводские	Рзав	5165	2582
	Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	26432	10778

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

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

где K_3 – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$\text{Ц}_{\text{ОБ.Б.}}$ – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

n – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

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

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$ – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

N_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 9800 - (9800 \cdot 0 \cdot 19,5 / 100) = 9800 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 9800 \cdot 0,55 = 5390 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

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

где $K_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{\text{СОП}}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = \text{Ц}_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 54120 \cdot 1,05 \cdot 0,27 = 15343,02 \text{ руб.}$$

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

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

$K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = \text{Ц}_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 9800 \cdot 0,03 = 294 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 54120 \cdot 0,05 = 2706 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 294 + 2706 = 3000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 15343,02 + 0 + 3000 = 18343,02 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}} \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 18343,02 - 5390 = 12953 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\text{П}_{\text{Г}}}, \quad (4.28)$$

где $\text{П}_{\text{Г}}$ – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{удБаз.}} = 5390/50 = 107,8 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 18343,02 / 50 = 366,86 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{25,06 - 12,53}{25,06} \cdot 100\% = 50,00\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$П_{\text{Т}} = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{16824,189 - 5973,707}{16824,189} \cdot 100\% = 64,49\%$$

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

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot П_{\text{Г}} \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (26432,795 - 10778,007) \cdot 50 = 782739,4 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

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

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{12953}{782739} \approx 0,5$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{г}} = [(C_{\text{завб}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удб}}) - (C_{\text{завпр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{удпр}})] \cdot \text{Пг} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{\text{г}} = [(26432,795 + 0,33 \cdot 107,8) - (10778,007 + 0,33 \cdot 366,86)] \cdot 50 = 778468 \text{ руб.}$$

4.8 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 50 %, увеличение производительности труда на 100 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 64,5 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 782,739 тыс. рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 778,468 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,16 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки металлоконструкций на примере ёмкости для хранения технической воды из коррозионностойкой стали.

Исходная технология сварки осуществляется с использованием дуговой сварки штучными электродами вручную. 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 из коррозионностойких сталей рассмотрены ручная дуговая сварка, сварка плавящимся электродом в защитных газах, сварка неплавящимся электродом в инертных газах, автоматическая сварка под флюсом. 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 ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
2. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
3. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
4. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
5. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов и др.; под ред. Ю. В. Казакова. - 3-е изд., стер.; Гриф МО. - М. : Академия, 2003. – 399 с..
6. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением.— М.: Машиностроение, 1977
7. ОСТ 26-291-94 Сосуды и аппараты стальные сварные. - М.: Изд-во стандартов, 1996. - 41 с.
8. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - Переизд. (июль. 1993) - М. : Изд-во стандартов, 1993. - 17 с.
9. Сварка в машиностроении: Справ, в 4 т. / Под ред. Н.А. Ольшанского. – М.: Машиностроение, 1978. – Т.1 – 504 с.
10. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
11. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.
12. Потапьевский, А. Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография /

А. Г. Потапьевский, Ю. Н. Сараев, Д. А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.

13. Новожилов, Н.М., Разработка электродных проволок для сварки малоуглеродистых и низколегированных сталей в углекислом газе / Н.М. Новожилов, А.М. Соколова // Сварочное производство. – 1958. – № 7. – С. 10–14.

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

15. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutzgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweißen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

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

17. Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.

18. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

19. Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.

20. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

21. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.

22. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.

23. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.