

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс и оборудование сварки шарового резервуара объёмом 5000 кубических метра

Студент

Н.Т. Карамшоев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент И.В. Дерябин

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

Тольятти 2022

Аннотация

Шаровые резервуары выгодно отличаются от цилиндрических резервуаров. Во-первых, для возведения и обслуживания резервуара аналогичного объёма требуется меньшая площадь. Во-вторых, существенно (приблизительно на 20 %) снижается металлоёмкость конструкции, что объясняется меньшей площадью поверхности у шарового резервуара. Кроме того, уменьшение металлоёмкости положительно сказывается на транспортных расходах и времени возведения резервуара.

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение эффективности сварочных технологий при строительстве шарового резервуара объёмом 5000 кубических метра.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- на основании анализа альтернативных способов сварки выполнить обоснованный выбор способа сварки шаровых резервуаров;
- на основании анализа источников научно-технической информации составить перечень мероприятий по повышению эффективности выбранного способа сварки;
- составить проектную технологию сварки шарового резервуара.

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

Рассчитан годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы могут быть использованы для строительства резервуарных парков Российской Федерации.

Abstract

The title of the graduation work is «Welding process and equipment for 5000 cubic meter spherical tank».

Spherical tanks compare favorably with cylindrical tanks. Firstly, for the construction and maintenance of a tank of the same volume, a smaller area is required. Secondly, the metal consumption of the structure is significantly (approximately 20%) reduced, which is explained by the smaller surface area of the spherical tank.

The aim of the work is improving the efficiency of welding technologies in the construction of a spherical tank with a volume of 5000 cubic meters.

To improve the technological properties of the welding arc, it is proposed to use pulse control according to the developments of domestic researchers. As a result of the application of this development, a decrease in spatter and an increase in the quality of welding should be predicted, and productivity will be doubled.

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

The calculated annual economic effect, taking into account capital investments, is 0,2 million rubles.

Содержание

Введение	6
1 Современное состояние сварки шаровых резервуаров.	8
1.1 Сведения об особенностях конструкции и эксплуатации рассматриваемого шарового резервуара.	8
1.2 Сведения о материале оболочки резервуара.	11
1.3 Описание операций базового процесса сварки резервуара.	14
1.4 Контроль качества сварки.	18
1.5 Предварительный анализ источников научно-технической информации по теме выпускной квалификационной работы	20
1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	23
2 Проектная технология сварки шарового резервуара.	25
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	25
2.2 Описание операций технологического процесса сборки и сварки шарового резервуара.	30
2.3 Требования к подготовке дефектного места	29
2.4 Требования к сварочным материалам.	31
2.5 Требования к выполнению сварочных операций	33
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	35
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Идентификация профессиональных рисков	36
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	38
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	40
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	42
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	44
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	44
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования. .	46
4.3 Расчет штучного времени	47

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	48
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	53
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	55
Заключение	58
Список используемой литературы и используемых источников.	60

Введение

Широкое применение при хранении сжиженных газов получили шаровые резервуары. Эти конструкции также применяются для хранения жидкого аммиака и легкогорючих жидкостей [14]. В настоящее время в мировой промышленности наблюдается интенсивное развитие нефтеперерабатывающей и нефтедобывающей отраслей, в результате чего происходит увеличение парка шаровых резервуаров. Особенности геометрии шарового резервуара делают его самой экономичной ёмкостью, в которой можно хранить жидкости и сжиженные газы. Шаровая форма позволяет самым оптимальным образом воспринимать нагрузку от избыточного давления внутри резервуара.

Шаровые резервуары выгодно отличаются от цилиндрических резервуаров. Во-первых, для возведения и обслуживания резервуара аналогичного объёма требуется меньшая площадь. Во-вторых, существенно (приблизительно на 20 %) снижается металлоёмкость конструкции, что объясняется меньшей площадью поверхности у шарового резервуара. Кроме того, уменьшение металлоёмкости положительно сказывается на транспортных расходах и времени возведения резервуара.

Рост производственных мощностей химических и нефтеперерабатывающих предприятий делает необходимым возведение новых резервуаров в условиях ограниченности производственных площадей. В связи с этим растёт актуальность повышения эффективности строительства шаровых резервуаров. Увеличение резервуарного парка за счёт наращивания количества и объёмов шаровых резервуаров позволит существенно снизить затраты на строительство вспомогательных технологических трубопроводов по сравнению с применением цилиндрических резервуаров [14].

Для хранения сжиженных газов широкое применение получили резервуары объёмом 600, 1400, 2000 и 4000 кубических метра [16], [20], [21], [23]. Необходимость повышения объёмов шаровых резервуаров обусловили

внедрение технологий возведения резервуаров на 5000, 6600 и 8000 кубических метра [14].

История строительства шаровых резервуаров начинается со времен Советского Союза, когда во второй половине 20-го века началось их интенсивное строительство. Можно судить о значительном накопленном опыте в области возведения шаровых резервуаров.

Следует принимать во внимание, что возведение такой ответственной и сложной конструкции, как шаровой резервуар, требует выполнения сложнейших задач по обеспечению поиска оптимальных решений проектно-организационных и сварочно-технологических вопросов, подготовке квалифицированных кадров для проведения инженерных, сварочных и монтажных работ. При сборке резервуаров следует укладываться в пределы допуска, обеспечивать минимальную величину остаточных деформаций при монтаже и сварке, стабильность качества сварных швов. Следует принимать во внимание, что в процессе эксплуатации шаровой резервуар будет подвергаться воздействию атмосферных явлений и внутреннему давлению.

Сварные швы шаровых резервуаров обладают структурной, механической и химической неоднородностью, работают в условиях действия значительных напряжений. Это делает необходимым проведение тщательной подготовки производственного процесса, соблюдению технологии и проведение разработок в области повышения эффективности сварочных процессов при строительстве шаровых резервуаров.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных технологий при строительстве шарового резервуара объёмом 5000 кубических метра.

1 Современное состояние сварки шаровых резервуаров

1.1 Сведения об особенностях конструкции и эксплуатации рассматриваемого шарового резервуара

Шаровой резервуар представляет собой оболочковую конструкцию, которая установлена с опорой на вертикальные трубные стойки, при этом для обслуживания резервуара предусмотрено наличие наружных площадок и лестницы [20], [21], [23]. Пример шарового резервуара объёмом 5000 кубических метра представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Шаровые резервуары объёмом 5000 кубических метра

Окрашивание шарового резервуара выполняют в белый цвет, что позволяет эффективно бороться с его нагревом от лучей солнца. В случае, если возможен нагрев содержимого резервуара до температуры 45 °С и выше предусматривают орошение резервуара или его тепловую изоляцию [21]. Отдельно стоящая лестница резервуара выполняется с наклоном 45 °Ю

при этом, если рядом располагается два резервуара, предусматривают общую лестницу для обоих резервуаров.

В процессе проектирования шарового резервуара следует предусмотреть следующие моменты [24]:

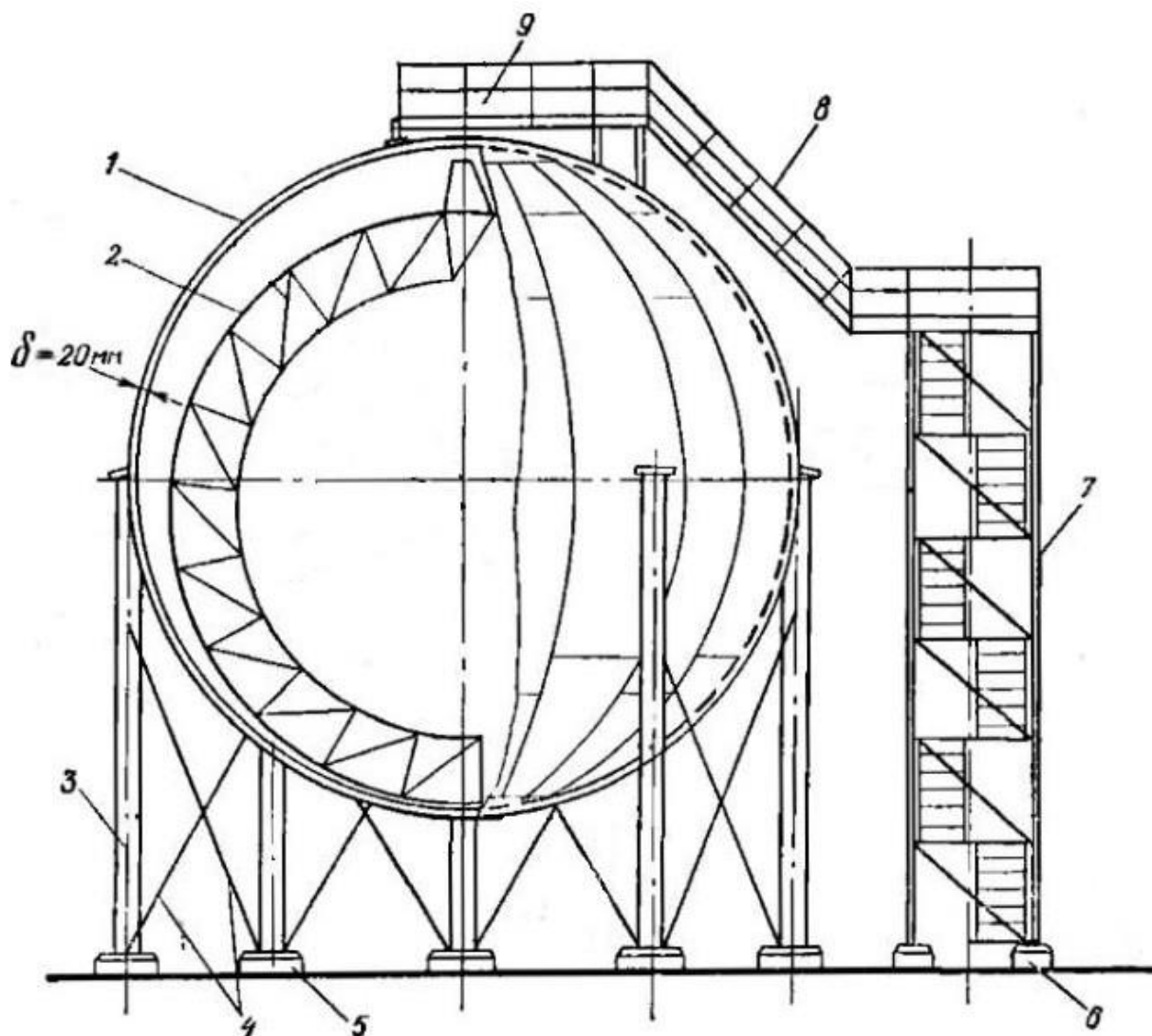
- количество лепестков в оболочке резервуара принимают чётным;
- количество стоек резервуара принимают четным, при этом предпочтительно, чтобы количество стоек было кратно четырём;
- оболочка резервуара выполняется из стали одной марки;
- при сварке резервуара применяют сварку лепестков встык, при этом кромки лепестков должны быть предварительно подготовлены.

В выпускной квалификационной работе рассматривается резервуар объёмом 5000 кубических метров для хранения нефтепродуктов. Резервуар работает при избыточном давлении свыше 0,6 МПа, поэтому относится к сосудам высокого давления.

Сжижение углеводородного газа позволяет значительно уменьшить его объём, при этом в 1 кубическом метре резервуара можно хранить до 300 кубических метров сжиженного природного газа. При заполнении резервуара следует предусматривать случай резкого повышения объёма хранимого в нём газа при нагреве, поэтому заполнение резервуара проводят до 85 % его номинального объёма.

Основными элементами шарового резервуара, представленного на рисунке 2, являются стальная оболочка (позиция 1), внутренняя лестница (позиция 2), опорные стойки (позиция 3), диагональные связи (позиция 4), опорный фундамент (позиция 5), фундамент лестницы (позиция 6), шахтная лестница (позиция 7), площадка перехода (позиция 8), обслуживающая площадка (позиция 9).

При изготовлении резервуара применяется экваториально-меридиональный раскрой, который получил распространение при строительстве резервуаров больших объёмов.



1 – оболочка шарового резервуара; 2 – внутренняя смотровая лестница; 3 – проектная опорная стойка; 4 – диагональные связи; 5 – фундамент опорных стоек; 6 – фундамент шахтной лестницы; 7 – шахтная лестница; 8 – переходная площадка; 9 – площадка обслуживания

Рисунок 2 – Устройство шарового резервуара

При проектировании лепестков резервуара их размеры принимают такими, чтобы была возможность беспрепятственной доставки резервуара железнодорожным транспортом. Доставку лепестков выполняют с использованием специальных контейнеров, которые позволяют сохранить форму лепестка. На строительной площадке лепестки соединяют при помощи прихваток в сферу. После этого выполняют автоматическую сварку в специальных вращателях.

1.2 Сведения о материале оболочки резервуара

Для изготовления лепестков и днищ резервуара применяется сталь 09Г2С, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 1. Поскольку сталь 09Г2С обладает малым содержанием углерода, то она обладает хорошей свариваемостью. Конструкции, сваренные из этой стали, могут успешно эксплуатироваться при температурах от $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Из стали 09Г2С изготавливают заготовки для нефтехимической, строительной и добывающей промышленности. Правильное сочетание сварки и термической обработки позволяет изготавливать сварные конструкции высокого качества [22], [28], [32].

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008

При выполнении сварных металлических конструкций из стали 09Г2С наблюдается существенная неоднородность в структуре и свойствах различных зон сварных соединений [3], [7]. При этом зона термического влияния содержит нежелательные включения крупнозернистой структуры, участки со значительными остаточными микро- и макронапряжениями. Наличие таких зон приводит к значительному снижению механических и эксплуатационных свойств сварных швов. Остаточные напряжения в конструкции ускоряют протекание коррозионных процессов, являются причинами образования трещин.

Следует отметить, что при сварке стали 09Г2С наблюдается незначительное упрочнение металла в зоне перегрева. Также необходимо принимать во внимание, что на участке рекристаллизации околошовной зоны может происходить снижение ударной вязкости.

При сварке конструкций из стали 09Г2С обеспечение равнопрочности сварного шва и основного металла выполняется за счёт легирования металла сварного шва марганцем и кремнием.

При увеличении скорости охлаждения сварного шва также повышается прочность соединения, но пластические свойства металла шва снижаются. Также увеличение скорости охлаждения приводит к снижению ударной вязкости металла сварного шва. Скорость охлаждения оказывает существенное влияние на свойства металла сварного шва при выполнении однопроходных швов и при выполнении последнего прохода в многопроходных швах.

Основные физико-механические и теплофизические свойства стали 09Г2С представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные физико-механические и теплофизические свойства стали 09Г2С

Твёрдость	Предел прочности	Удельная теплопроводность	Удельная теплопроводность	Плотность	Температура плавления	Температуропроводность $\times 10^{-6}$
НВ	МПа	Вт/м·°С	Дж/кг·°С	кг/м ³	°С	м ² /с
≤240	490	43...80	494	7850	1350	11,08...20,6

При сварке конструкций из стали 09Г2С могут возникать различные дефекты в виде пор, непроваров и горячих трещин [1], [2], [22].

Причиной образования горячих трещин является пониженная деформационная способность перегретого металла сварного соединения. В момент кристаллизации металла сварочной ванны происходит уменьшение его объёма и образование растягивающих напряжений. Поскольку перегреты

металл не обладает достаточной деформационной способностью, в нём под действием растягивающих напряжений образуются трещины.

Вероятность образования горячих трещин при сварке увеличивается, если не проводить термическую обработку сразу после сварки. Также на склонность к образованию горячих трещин отрицательно влияют концентраторы напряжений и высокая скорость сварки.

Для того чтобы снизить опасность возникновения горячих трещин в металле сварного шва следует в процессе сварки поддерживать минимальную длину дуги и не применять поперечные колебания электрода. Необходимо тщательно заплавлять кратеры, запрещено выводить кратеры на основной металл. Если произошёл вынужденный обрыв дуги, необходимо осмотреть кратер на предмет обнаружения кратерной трещины и в этом случае удалить кратер механическим способом. Необходимо уменьшить количество в сварной конструкции угловых и тавровых соединений, отдавая предпочтение стыковым соединениям. Применение сварки порошковой проволоки позволяет успешно бороться с горячими трещинами при сварке.

Возникновение непроваров происходит по причине неправильного выбора параметров режима сварки и нарушения техники сварки. Малая погонная энергия и некачественная зачистка кромок приводит к повышению вероятности образования непроваров. Также образованию непроваров способствует неправильно выполненная разделка кромок.

Для того, чтобы уменьшить образование непроваров при сварке, следует контролировать соблюдение параметров режима сварки, качество подготовки кромок. При выполнении многопроходных швов необходимо зачищать каждый сварочный валик, устраняя его выпуклость. В случае обнаружения несплавления следует выполнить его зачистку и повторную заварку.

Образование пор при сварке происходит по причине плохого качества подготовки кромок, нарушения техники сварки (увеличенная длина дуги, повышенная скорость сварки), применения электрода с большим диаметром,

нарушения газовой защиты сварочной ванны. Также поры образуются при нарушениях, допущенных в процессе прокалки электродов перед сваркой.

Для того, чтобы уменьшить образование пор при сварке, необходимо применять электроды малого диаметра, обеспечить их прокалку в соответствии с инструкцией к электродам, правильно назначать и поддерживать параметры режима сварки. Применять электроды со вздутым или осыпавшимся покрытием запрещено. Если при сварке обнаружен участок с недопустимыми порами, его следует вырубить и выполнить повторную заварку.

1.3 Описание операций базового процесса сварки резервуара

Базовая технология сборки и сварки шарового резервуара предусматривает полистовой метод. При его осуществлении происходит последовательная сварка при монтаже отдельных лепестков.

Сначала выполняют установку и выверку металлических опор резервуара. После этого выполняют установку и выверку днища резервуара. Далее выполняют последовательную установку лепестков первого слоя, которые прихватывают с наружной стороны резервуара. Выполняют сварку меридианных швов первого пояса. После этого выполняют приварку днища. После приварки днища выполняют последовательную установку и закрепление лепестков второго пояса. После этого сваривают меридианные швы второго пояса. Потом выполняют сварку экваториального кольцевого шва, который расположен между лепестками первого пояса и лепестками второго пояса. После этого выполняют приварку верхнего днища резервуара.

До того, как будет выполнен монтаж и приварка лепестка, его длительное время можно хранить в специальном контейнере. Перед сваркой следует каждый лепесток вынуть из заводского контейнера, положить его на ребро и проверить наличие на нём заводской маркировки. В случае отсутствия заводской маркировки на лепестке допускается его «обезличенная» установка,

на которую следует получить письменное разрешение. Перед монтажом лепестка следует также проверить соответствие его размеров требованиям чертежа. При этом отклонение формы лепестка от проектной должно быть не более 10 мм.

Для сборки применяются специальные клиновидные стяжные приспособления. При сборке соблюдают зазор 2...4 мм, смещение кромок не должно превышать 1 мм.

Сварка лепестков выполняется с применением нестандартного соединения, в котором отсутствует разделка кромок, представленного на рисунке 3. В соединении предусмотрен подварочный шов шириной 8...12 мм, усилением 1...3 мм и глубиной проплавления 5,5...6,5 мм. При этом поперечное сечение подварочного шва составляет 35...40 мм². При таком подварочном шве возможно проведение последующей автоматической сварки под флюсом.

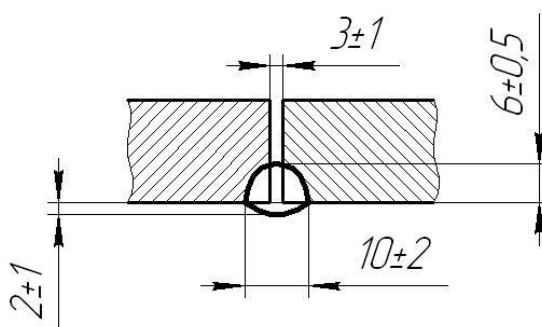


Рисунок 3 – Геометрия сварного стыка

Для выполнения подварочного шва применяется ручная дуговая сварка электродами УОНИ 13/55 диаметром 5 мм. Сначала выполняют прихватки, потом подварочный шов. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, сила сварочного тока составляет 170...200 А. При выполнении подварочного шва сварку ведут одновременно двумя сварщиками от середины к краям обратнo-ступенчатым способом.

При выполнении подварочных меридианных швов на лепестках первого пояса сварку ведут снаружи резервуара. При выполнении подварочных

меридианных швов на лепестках второго пояса сварку ведут изнутри резервуара. При выполнении кольцевого экваториального шва между первым и вторым поясами сварку ведут снаружи. При выполнении кольцевого шва при приварке нижнего днища сварку ведут снаружи. При выполнении кольцевого шва при приварке купола сварку ведут изнутри резервуара. При таком расположении подварочных швов удаётся избежать потолочного положения при автоматической сварке швов.

В качестве источника питания применяется источник DC400, представленный на рисунке 4, который позволяет выполнять как ручную дуговую сварку, так и механизированную и автоматическую сварку.



Рисунок 4 – Источник питания DC400 для выполнения прихваток и подварочных швов

После того, как подварочные швы были выполнены, следует провести их зачистку с применением абразивного инструмента. После выполнения зачистки следует продуть разделку стыка сжатым воздухом, чтобы удалить продукты зачистки.

После зачистки проводят автоматическую сварку под флюсом. Величину сварочного тока принимают 850...870 А, напряжение на дуге – 56...38 В, сварку ведут со скоростью 5 м/ч. Сварку выполняют на подъём. В качестве флюса используют АН-342А, в качестве сварочного проволоки Св-08ГА диаметром 5 мм.

В качестве оборудования для выполнения автоматической сварки применяют сварочный трактор «Ogden», представленный на рисунке 5. В качестве источника питания применяется сварочный источник DC600,

представленный на рисунке 6. В качестве сварочной головки применяется головка NA3-SF, представленная на рисунке 7.



Рисунок 5 – Сварочный трактор



Рисунок 6 – Источник питания DC600 для выполнения автоматической сварки под флюсом

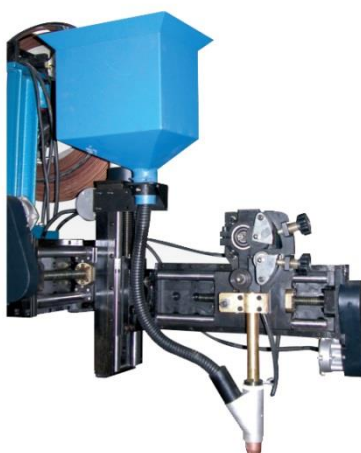


Рисунок 7 – Сварочная горелка NA3-SF

Таким образом, базовый технологический процесс предусматривает применение ручной дуговой сварки и автоматической сварки под флюсом.

1.4 Контроль качества сварки

При выполнении сварных швов на шаровом резервуаре проводят 100 % визуальный контроль состояния кромок лепестков перед сваркой. После выполнения сварки проводят 100 % визуально-измерительный контроль сварных швов. Визуально-измерительный контроль проводят после очистки сварных швов и прилегающего металла по всей протяжённости сварного шва с двух сторон.

При визуально-измерительном контроле не допускаются следующие дефекты:

- подрезы;
- грубая чешуйчатость;
- наплывы;
- свищи;
- трещины;
- незаваренные кратеры;
- выходящие на поверхность поры;
- прожоги.

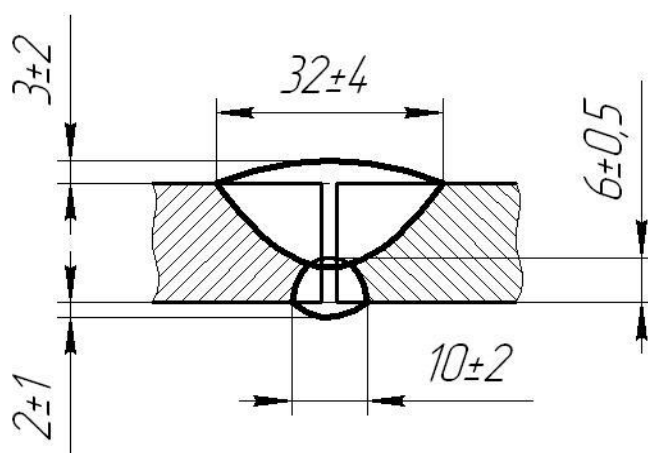


Рисунок 8 – Геометрические параметры сварного шва после автоматической сварки под флюсом

После проведения визуально-измерительного контроля следует провести неразрушающий ультразвуковой контроль в объёме:

- кольцевые швы – 20 %;
- меридианные швы – 20 %;
- сварные швы, прилегающие к отверстиям и люкам – 100 %;
- пересечение сварных швов – 100 %.

При ультразвуковом контроле не допускаются следующие дефекты:

- поры и шлаковые включения;
- свищи;
- трещины;
- непровары и несплавления.

После того, как резервуар был изготовлен, необходимо провести его гидравлическое испытание. Резервуар заполняют водой. Давление поднимают равномерно до величины 0,82 МПа со скоростью не более 0,5 МПа в минуту. Далее выдерживают давление в течение не более 30 минут. Запрещается обстукивать резервуар в это время.

После выдерживания под повышенным давлением следует уменьшить давление до 0,66 МПа и провести визуальный осмотр поверхности сварных соединений.

После проведения гидравлических испытаний следует удалить воду из резервуара.

При проведении гидравлических испытаний должно:

- отсутствие признаков разрыва оболочки;
- в разъёмных соединениях должна отсутствовать течь;
- при контролировании давления по манометрам не зафиксировано его падения в ходе испытаний;
- в ходе испытания отсутствуют остаточные деформации резервуара;
- в ходе испытаний не обнаруживаются потения, течи и пузырьки воздуха в сварных соединениях и на основном металле.

1.5 Предварительный анализ источников научно-технической информации по теме выпускной квалификационной работы

Проводили поиск источников научно-технической информации в сети ИНТЕРНЕТ в поисковой системе GOOGLE по ключевым словам: «журнал Сварочное производство», «журнал Автоматическая сварка», «Киберленинка», «сварка шаровых резервуаров», «контроль качества».

В ходе поиска в сети ИНТЕРНЕТ было найдено 15 источников научно-технической информации.

В работе [10] приведены «результаты по повышению эффективности сварки в углекислом газе проволокой сплошного сечения при импульсном управлении сварочной дугой. Для проведения экспериментальных исследований была использована специальная сварочная установка, позволяющая записывать основные параметры сварки при регулировании параметров импульсного управления сварочной дугой в широком диапазоне. Установлено, что стабилизация процесса сварки при импульсном управлении сварочной дугой достигается в системах с обратной связью» [10].

В работе [27] описаны «мероприятия по повышению эффективности автоматической сварки под флюсом за счёт введения элементов-модификаторов в дополнительную проволоку, подаваемую непосредственно в сварочную ванну, минуя столб дуги. Введение дополнительной горячей присадки при автоматической сварке под флюсом позволяет с большой эффективностью управлять введением элементов-модификаторов, в два раза повысить коэффициент наплавки по сравнению с однодуговой сваркой. Введение дополнительной горячей присадки при автоматической сварке под флюсом позволяет существенно снизить вероятность образования холодных трещин» [27].

В работе [6] «рассмотрены меры по повышению эффективности автоматической сварки под флюсом за счёт разработки компьютерной модели. Эта модель позволяет описать процессы формирования

неметаллических включений в металле сварочных швов на различных этапах их образования. Эта модель даст возможность использовать методы компьютерного моделирования при решении проблемы повышения работоспособности сварных соединений, разработки сварочных материалов нового поколения с прогнозируемыми свойствами» [6].

В работе [19] описаны «работы по повышению эффективности сварки самозащитной порошковой проволокой. Разработана технология сварки неповоротных стыков труб порошковой проволокой способом «снизу вверх» с принудительным формированием шва медным водоохлаждаемым ползуном. Порошковая проволока позволяет получать требуемую ударную вязкость металла шва при температуре до минус 40°C, при этом количество дефектов не превышает 5% от общего количества швов» [19].

В работе [13] получена «математическая модель, описывающая в аналитической форме зависимость между скоростью подачи электродной проволоки и скоростью ее плавления, может быть использована для расчета условий управления переносом электродного металла при целенаправленно задаваемых импульсах, а также для оценки влияния отклонений в скорости подачи, возникающих по различным причинам, на формирование сварного соединения» [13].

б) В работе [18] показана возможность по механическому состоянию сварных элементов определять доминирующие причины брака и их вклад в образование дефектности ремонтных работ.

В работе [19] предложены мероприятия, которые позволяют повысить адекватность математического моделирования тепловых процессов при ручной дуговой сварке.

В работе [4] предложена модель для расчета глубины проплавления при сварке в углекислом газе на токе обратной полярности. Полученная эмпирическая формула обеспечивает наибольшую простоту и точность инженерных и научных расчетов глубины проплавления при механизированной сварке и позволяет проводить ее экспресс-оценку.

Работа [17] посвящена повышению эффективности восстановительной наплавки с применением самозащитных порошковых проволок.

В работе [14] «предложена компьютерная модель, которая позволяет описать процессы формирования неметаллических включений в металле сварочных швов на различных этапах их образования. Эта модель даст возможность использовать методы компьютерного моделирования при решении проблемы повышения работоспособности сварных соединений, разработки сварочных материалов нового поколения с прогнозируемыми свойствами» [14].

В работе [5] показано, что «импульсная двух дуговая сварка отличается отдельной подачей импульсов тока на электрически изолированные плавящиеся электроды, дуги которых образуют общую сварочную ванну. В результате обеспечиваются относительно большой (до 30 кг/ч) коэффициент расплавления электродных проволок, высокая (до 120 м/ч) скорость сварки и благоприятное формирование стыковых и угловых швов. Показаны перспективы дальнейшего развития тандем-процессов дуговой сварки» [5].

В работе [15] «проанализированы основные сварочно-технологические свойства защитных чистых газов и газовых смесей при сварке различных материалов плавящимся и неплавящимся электродом. Подчеркнуто, что знание свойств компонентов защитных газов позволяет сделать их рациональный выбор с точки зрения оптимизации процесса сварки, повышения показателей качества и служебных характеристик сварных изделий, улучшения условий труда и повышения его производительности, а также обеспечения экологической безопасности работ. На основании приведенных данных сделан вывод, что в ближайшем и более отдаленном будущем этот способ останется одним из ведущих технологических процессов соединения материалов» [15].

В работе [25] «экспериментально показано влияние дислокационных структур, образующихся внутри ферритных зерен стали Ст3, на развитие

процессов разрушения. Опасными, с точки зрения развития усталостного разрушения, являются «ножевые» границы» [25].

В работе [26] «представлены результаты исследований процесса дуговой сварки порошковыми проволоками типа металл-кор в защитных газах. На основе анализа данных мониторинга электрических сигналов установлено влияние минеральных составляющих сердечника порошковой проволоки и состава защитного газа на стабильность горения дуги и характер переноса металла» [26].

В работе [11] описаны современные сварочные флюсы для сварки низколегированных сталей и средства защиты сварного шва газами, сформулированы актуальные проблемы традиционных методов сварки под флюсом и способов защиты сварного шва для обеспечения качественных показателей сварных изделий.

1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных технологий при строительстве шарового резервуара объёмом 5000 кубических метра.

При анализе базовой технологии сварки шарового резервуара обнаружен главный её недостаток – применение ручной дуговой сварки для выполнения прихваток и подварочного шва.

Недостатки ручной дуговой сварки :

- ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

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

Недостатки автоматической сварки под флюсом:

- малая протяжённость меридианных швов, на которых не получается реализовать все преимущества автоматической сварки под флюсом.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

- на основании анализа альтернативных способов сварки выполнить обоснованный выбор способа сварки шаровых резервуаров;
- на основании анализа источников научно-технической информации составить перечень мероприятий по повышению эффективности выбранного способа сварки;
- составить проектную технологию сварки шарового резервуара;
- идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [8];
- провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [12].

2 Проектная технология сварки шарового резервуара

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Самым распространенным способом сварки в настоящее время можно считать ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 9.

Ручная дуговая сварка имеет ряд преимуществ, которые позволили получить ей широкое распространение во многих отраслях промышленности [1], [2]:

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

В настоящее время применение ручной дуговой сварки планомерно сокращается. Это обусловлено её недостатками, влияние которых следует учитывать в современном производстве [1], [2]:

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

- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов.

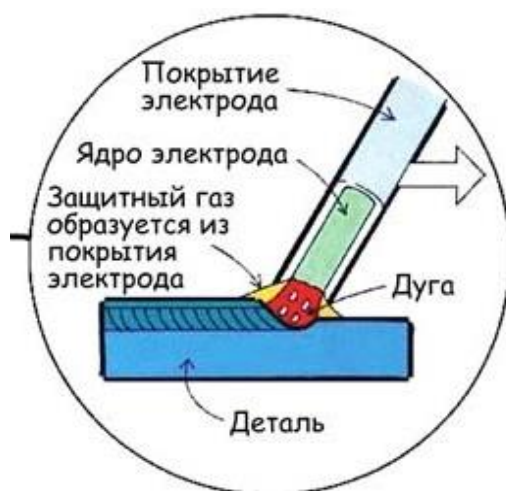


Рисунок 9 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

В качестве преимуществ сварки проволокой сплошного сечения в смеси защитных, схема выполнения которой представлена на рисунке 10, следует отметить [10], [13], [29]:

- производительность, которая выше, чем у ручной дуговой сварки;
- в процессе сварки не образуется шлаковая корка, что положительно сказывается на качестве сварных швов;
- расплавленный металл обладает повышенной по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой порошковой проволокой вязкостью, что позволяет выполнять сварку в различных пространственных положениях;
- оборудование для механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения несколько сложнее, чем для ручной дуговой сварки, но намного проще, чем для сварки неплавящимся электродом, кроме того, сплошная проволока не заламывается, как это делают порошковая проволока.

Недостатками механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах являются [10], [13], [30], [31]:

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

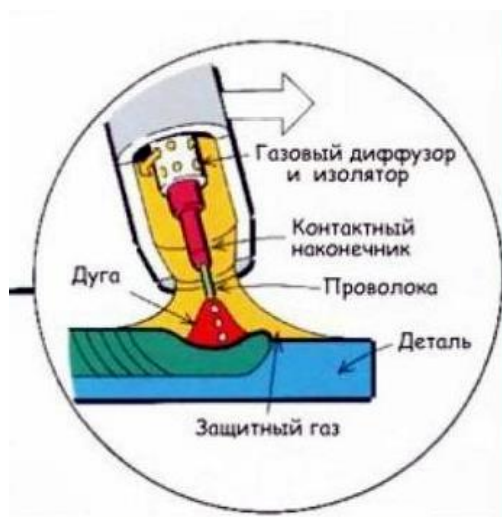


Рисунок 10 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

Сварка самозащитной порошковой проволокой предоставляет значительные преимущества при организации технологического процесса, которые наиболее полно проявляются именно в условиях монтажа и ремонта [17], [26]. Схема выполнения сварки представлена на рисунке 11. В числе преимуществ сварки самозащитными порошковыми проволоками можно обозначить:

- отсутствие газовой аппаратуры, что повышает мобильность способа сварки при выполнении монтажных и ремонтных работ;
- улучшение защиты шва при сварке на открытом воздухе;
- возможность повышения производительности сварки по сравнению со сваркой проволоками сплошного сечения.

Однако применение самозащитных порошковых проволок ограничивается из-за множественных недостатков:

- самозащитная проволока склонна к заломам, что предъявляет повышенные требования к подающему механизму и уменьшает расстояние, на которое может быть подана проволока;
- горение самозащитной проволоки происходит неравномерно, оболочка проволоки расплавляется, а сердечник проволоки может просыпаться в сварочную ванну и становится причиной образования пор и шлаковых включений;
- наличие шлака на поверхности сварного шва приводит к необходимости зачистки при выполнении многослойных швов, что снижает производительность выполняемых работ;
- из-за повышенной текучести шлака при сварке порошковой самозащитной проволокой высока опасность образования шлаковых карманов, усложняется сварка в узкую разделку и сварка корневого слоя шва;
- высокая текучесть металла сварочной ванны существенно усложняет выполнение вертикальных и потолочных швов.

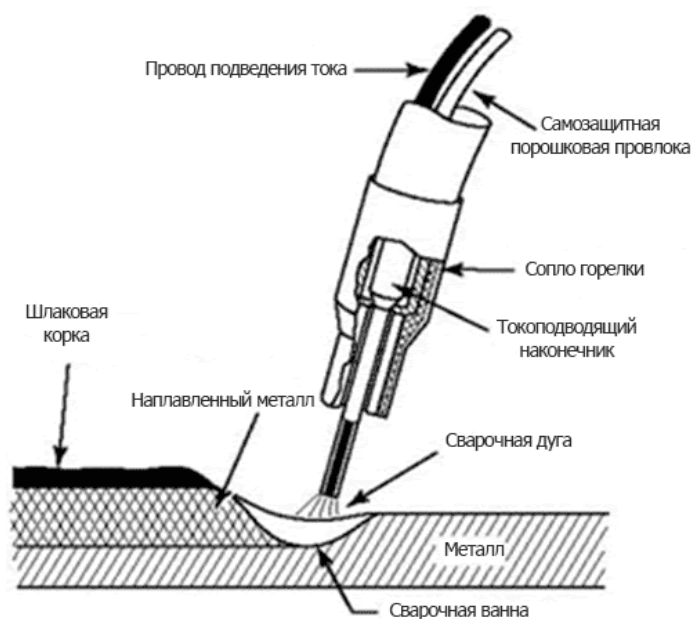


Рисунок 11 – Схема выполнения сварки порошковой самозащитной проволокой

Автоматическая сварка под флюсом, которая выполняется по представленной на рисунке 12 схеме, в основном применяется для выполнения стыковых соединений в нижнем положении. При помощи этого способа можно эффективно сваривать металл толщиной 10...20 мм.

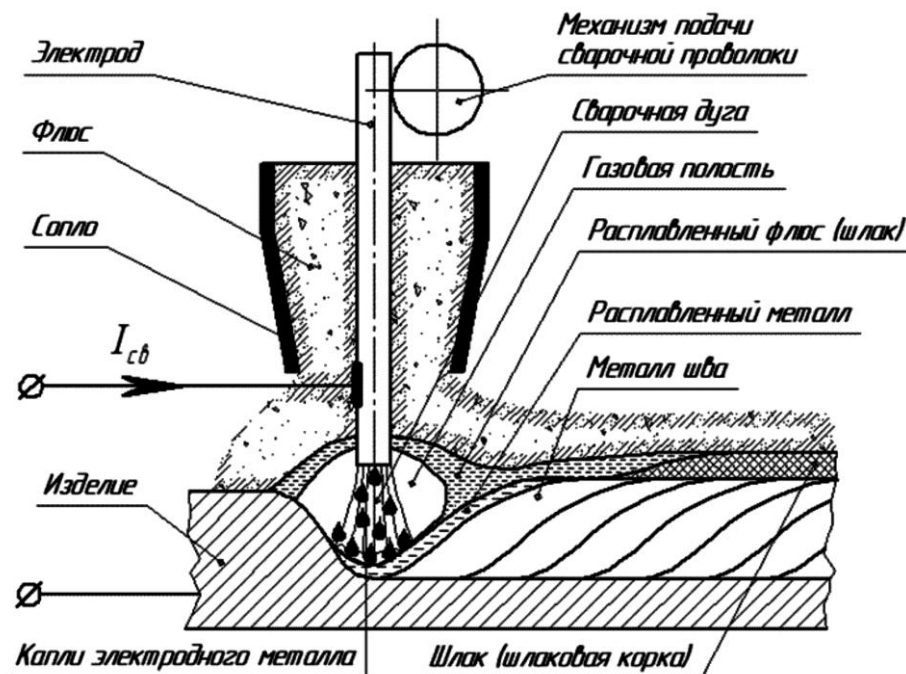


Рисунок 12 – Схема автоматической сварки под флюсом

В числе преимуществ автоматической сварки под флюсом следует отметить:

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

Сварка под флюсом характеризуется следующими недостатками:

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

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

На основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа для построения проектной технологии предлагаем применить механизированную и автоматическую сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы следует предусмотреть меры по повышению эффективности выбранного способа сварки за счёт устранения его недостатков, которые были отмечены выше.

2.2 Описание операций технологического процесса сборки и сварки шарового резервуара

При выполнении подварочного слоя применим механизированную сварку в среде углекислого газа проволокой сплошного сечения.

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Величина сварочного тока составляет 240...260 А, напряжение на дуге составляет 30...32 В. В качестве проволоки применяется СВ-08Г2С диаметром 1,6 мм. Сварку подварочного слоя ведут одновременно два сварщика от середины к краям обратно-ступенчатым способом.

При выполнении меридианных швов первого пояса сварку ведут снаружи резервуара. При выполнении меридианных швов второго пояса сварку ведут изнутри резервуара. При выполнении кольцевого экваториального шва сварку ведут снаружи. При выполнении кольцевого шва днища сварку ведут снаружи резервуара. При выполнении кольцевого

шва купола сварку ведут изнутри резервуара. При соблюдении такой последовательности и положения сварных швов обеспечивается возможность не выполнять заполняющих швов в потолочном положении.

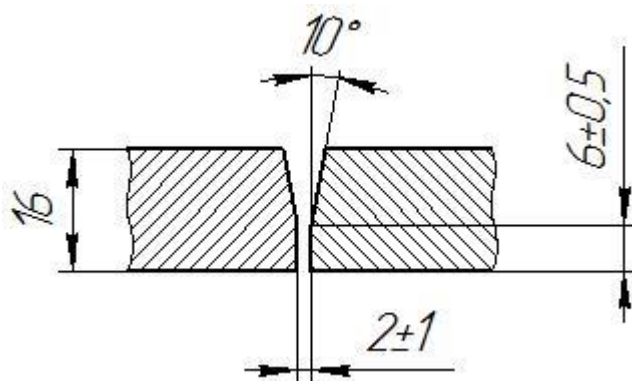


Рисунок 13 – Геометрические размеры подготовки кромок

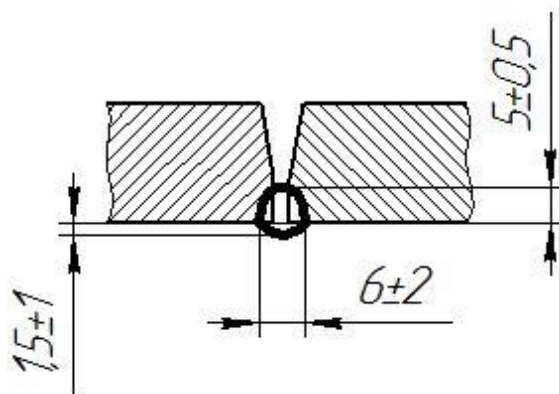


Рисунок 14 – Геометрические параметры подварочного шва

Для выполнения сварки применяется источник питания DC400 и полуавтомат ПМ 4.33, представленные на рисунке 15.



Рисунок 15 – Оборудование для механизированной сварки подварочного шва

После того, как подварочные швы были выполнены, следует провести их зачистку с применением абразивного инструмента. После выполнения зачистки следует продуть разделку стыка сжатым воздухом, чтобы удалить продукты зачистки.

Далее проводят автоматическую сварку швов с применением сварки проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа.

Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Величина сварочного тока составляет 240...260 А, напряжение на дуге составляет 30...32 В. В качестве проволоки применяется СВ-08ХГ2С диаметром 1,2 мм.



Необходимо, чтобы все сварочные материалы, применяемые для ремонтной сварки, прошли аттестацию в соответствии с действующими требованиями.

Для сварки применяется проволока согласно ГОСТ 2246 и углекислый газ согласно ГОСТ 8050.

На каждую партию сварочной проволоки должен быть выдан сертификат, в котором следует указать:

- условное обозначение сварочной проволоки;
- товарный знак изготовителя;
- состояние поверхности проволоки;
- номер плавки и партии проволоки;

- химический состав сварочной проволоки и результаты механических испытаний наплавленного материала;
- масса проволоки.

После поступления на предприятие необходимо, чтобы проволоку принял отдел технического контроля, который осуществляет проверку сертификата и состояние поверхности проволоки.

На поверхности сварочной проволоки не должно быть масла, окалины, следов смазки и других загрязнений. Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой.

При использовании углекислого газа допускается применение с чистотой не ниже 98,8%. Подача углекислого газа в зону сварки должна осуществляться через осушающее устройство. Перед использованием газа следует выполнить его проверку отделом технического контроля.

Перед выполнением сварки следует выполнить пробную наплавку на стальную пластину длиной 100...150 мм. О качестве сварочных материалов судят по анализу поверхности наплавки, устойчивости горения дуги, разбрызгиванию и характеру переноса металла.

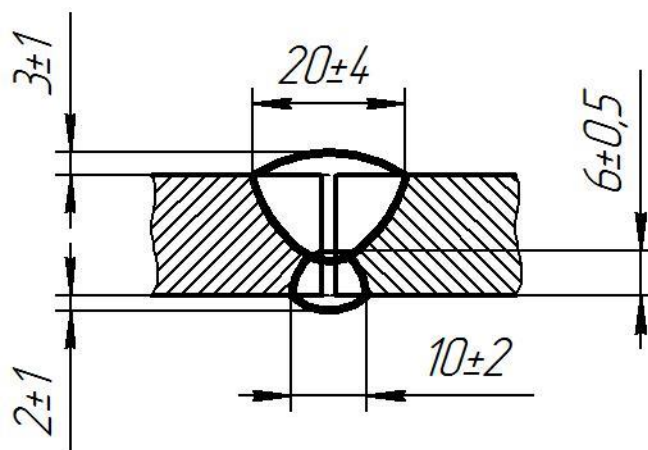


Рисунок 17 – Геометрические параметры сварного шва после автоматической сварки в углекислом газе

За счёт использования импульсного управления [10] обеспечивается повышение проплавливающей способности дуги и возможность выполнения сварного шва в узкую разделку, как показано на рисунке 17.

Выводы по второму разделу

При анализе базовой технологии сварки шарового резервуара обнаружен главный её недостаток – применение ручной дуговой сварки для выполнения прихваток и подварочного шва.

В настоящем разделе решались следующие задачи:

- на основании анализа альтернативных способов сварки выполнить обоснованный выбор способа сварки шаровых резервуаров;
- на основании анализа источников научно-технической информации составить перечень мероприятий по повышению эффективности выбранного способа сварки;
- составить проектную технологию сварки шарового резервуара.

На основании анализа альтернативных способов сварки по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию с использованием в качестве основного технологического процесса автоматической и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения технологических свойств сварочной дуги предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества сварки, производительность будет повышена в два раза.

Далее следует:

- идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [8];
- провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [12].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных работ при строительстве шаровых резервуаров.

По базовому варианту технологии сварки резервуара предусматривается применение ручной дуговой сварки и автоматической сварки под флюсом.

На основании анализа альтернативных способов сварки по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию с использованием в качестве основного технологического процесса автоматической и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения технологических свойств сварочной дуги предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества сварки, производительность будет повышена в два раза.

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

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

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

Таблица 8 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
1. «Подготовительные и сборочные операции	Слесарь-сборщик	Стойки, уровень, машинка шлифовальная, полуавтомат, источник питания	Круг абразивный, защитный газ, сварочная проволока
2. Выполнение подварочных швов	Электросварщик	Машинка шлифовальная, полуавтомат, источник питания	Круг абразивный, защитный газ, сварочная проволока
3. Выполнение основных швов	Электросварщик	Источник питания, сварочный трактор	Защитный газ, сварочная проволока
4. Контроль качества» [1]	Дефектоскопист	Дефектоскоп	Кисточка, масло

Анализ данных в таблице 8 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 9. Эти

факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таблица 9 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1. Подготовительные и сборочные операции	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические	Стойки, уровень, машинка шлифовальная, полуавтомат, источник питания
2. Выполнение подварочных швов	взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;	Машинка шлифовальная, полуавтомат, источник питания
3. Выполнение основных швов	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультрафиолетовое излучение; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение	Источник питания, сварочный трактор
4) контроль качества	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение	- дефектоскоп

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механические взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;

- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение;
- ультразвуковое излучение.

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

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

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

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

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 10. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

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

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

Таблица 10 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

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

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается

отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

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

Таблица 11 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок для сборки и сварки	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [8]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [8].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [8].

Таблица 12 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

«Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран	План эвакуации	Ведро конусное, лопата штыковая	Кнопка оповещения» [8]

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

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок сборки и сварки	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [8].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [8].

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 11. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 12

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 13.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Таблица 14 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Сборки и сварка шаровых резервуаров	- подготовка - разделка кромок - сварка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 15 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

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

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу). В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 14. По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 15.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии сборки и сварки шаровых резервуаров.

На основании анализа альтернативных способов сварки предложено проектную технологию с использованием в качестве основного технологического процесса автоматической и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

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

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

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

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных работ при строительстве шаровых резервуаров.

По базовому варианту технологии сварки резервуара предусматривается применение ручной дуговой сварки и автоматической сварки под флюсом.

Недостатки ручной дуговой сварки :

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

Недостатки автоматической сварки под флюсом: малая протяжённость меридианных швов, на которых не получается реализовать все преимущества автоматической сварки под флюсом.

На основании анализа альтернативных способов сварки предложено проектную технологию с использованием в качестве основного технологического процесса автоматической и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Таблица 16 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	2000 тыс.	2000 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	40	50
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	м ²	12	12
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/м ²	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

В таблицу 16 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

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

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

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

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

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

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

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

$$F_э = F_n (1 - B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ ч.

Полученное значение фонда времени технологического оборудования далее учтём при выполнении экономических расчётов по базовой и проектной технологиям.

4.3 Расчёт штучного времени

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 60 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 72 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 45 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 54 \text{ ч.}$$

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

$$П_{\Gamma} = F_{\text{э}} / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/72 = 28 \text{ за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/54 = 38 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии $\Pi_{\Gamma} = 10$ резервуаров за год.

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{72 \cdot 10}{2054 \cdot 1,03} = 0,34$$

$$n_{\text{расч.п}} = \frac{54 \cdot 10}{2054 \cdot 1,03} = 0,26$$

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

$$K_{\text{з}} = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{зб}} = 0,34/1 = 0,34;$$

$$K_{\text{зп}} = 0,26/1 = 0,26.$$

Полученные значения коэффициентов загрузки оборудования далее учтём при выполнении экономических расчётов по базовой и проектной технологиям.

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – сварочные электроды,

сварочную проволоку и флюс, а в проектном варианте технологии – сварочную проволоку и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_M и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{\text{баз.}} = 210 \cdot 34 + 40 \cdot 68 + 60 \cdot 42 = 12400 \text{ руб.};$$

$$M_{\text{баз.}} = 90 \cdot 114 + 40 \cdot 134 = 15700 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{\text{шт}}$ и часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ с учётом коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат к заработной плате:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 72 \cdot 200 \cdot 1,88 = 27072 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 54 \cdot 200 \cdot 1,88 = 20304 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 27072 \cdot 12 / 100 = 3249 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 20304 \cdot 12 / 100 = 2436 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы $\Phi ЗП$ рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$:

$$\PhiЗП_{\text{базов.}} = 27072 + 3249 = 30321 \text{ рублей};$$

$$\PhiЗП_{\text{проектн.}} = 20304 + 2436 = 22740 \text{ рублей.}$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{\text{сн баз.}} = 30321 \cdot 34/100 = 10309 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 22740 \cdot 34/100 = 7732 \text{ руб.}$$

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

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

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации $H_{\text{а}}$, эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$, цены оборудования $C_{\text{об}}$ и машинного времени $t_{\text{маш}}$ с использованием формулы:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{\text{об. баз.}} = 2000000 \cdot 21,5 \cdot 72 / 2054 / 100 = 15073 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 2000000 \cdot 21,5 \cdot 54 / 2054 / 100 = 11304 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на электрическую энергию, необходимую для операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам проводим с учётом цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$,

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{э\text{э} \text{ баз}} = 72 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,7 = 12425 \text{ руб.},$$

$$P_{э\text{э} \text{ пр}} = 54 \cdot 50 \cdot 3,2 / 0,85 = 9593 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Зоб_{баз.} = 15073 + 12425 = 27498 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{проектн.} = 11304 + 9539 = 20843 \text{ руб.}$$

Вычисление технологической себестоимости $C_{тех}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы $\Phi ЗП$, материалы M , оборудование $З_{об}$ и отчислений на социальные нужды $O_{сс}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ТЕХБаз.} = 12400 + 30321 + 10309 + 27498 = 80528 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 15700 + 22740 + 7732 + 20843 = 67015 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости $C_{цех}$ вычислим с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{тех}$, основной заработной платы $З_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{цех}$:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 80528 + 1,5 \cdot 27072 = 80528 + 40608 = 121136 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 67015 + 1,5 \cdot 20304 = 67015 + 30456 = 97471 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 121136 + 1,15 \cdot 27072 = 121136 + 31133 = 152269 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 97471 + 1,15 \cdot 20304 = 97471 + 23350 = 120821 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
«1. Затраты на материалы	<i>M</i>	12400	15700
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	30321	22740
3. Отчисления на соц. нужды	<i>O_{сн}</i>	10309	7732
4. Затраты на оборудование	<i>Z_{об}</i>	27498	20843
5. Технологическая себестоимость	<i>C_{тех}</i>	80528	67015
6. Цеховые расходы	<i>P_{цех}</i>	40608	30456
7. Цеховая себестоимость	<i>C_{цех}</i>	121136	97471
8. Заводские расходы	<i>P_{зав}</i>	31133	23350
9. Заводская себестоимость» [12]	<i>C_{зав}</i>	152269	120821

На основании данных в таблице 17 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

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

$$K_{\text{общ. б.}} = Ц_{\text{об.б.}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

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

$$Ц_{\text{об.б.}} = Ц_{\text{перв.}} - (Ц_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Ц_{\text{об.баз.}} = 2000000 - (2000000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 1140000 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{общ.баз.}} = 1 \cdot 1140000 \cdot 0,34 = 387600 \text{ руб.}$$

Величина капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{об.пр}} = 2000000 \cdot 1,05 \cdot 0,26 = 546000 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{дем}} = 1 \cdot 2000000 \cdot 0,05 = 100000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{монт}} = 2000000 \cdot 0,05 = 100000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{соп}} = 100000 + 100000 = 200000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ.пр.}} = 546000 + 200000 = 746000 \text{ руб.}$$

Объём дополнительных капитальных затрат для организации производства по осуществлению проектного варианта технологии вычисляем как:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}}: \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{\text{доп}} = 746000 - 387600 = 358400 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 387600/10 = 38760 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 746000/10 = 74600 \text{ руб./ед.}$$

Полученные значения удельных капитальных вложений учтём далее при проведении экономических расчётов.

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

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

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad . \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{72 - 54}{72} \cdot 100\% = 25\%$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_T = \frac{100 \cdot 25}{100 - 25} = 33\%$$

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

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (80528 - 67015) \cdot 100\% / 80528 = 17 \%$$

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (152269 - 120821) \cdot 10 = 314480 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

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

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $T_{\text{ок}} = 358400 / 314480 = 1,1$ года

Годовой экономический эффект Э_T , который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\text{Э}_T = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_n \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Delta T = 314480 - 0,33 \cdot 358400 = 196208$ руб.

Таким образом, внедрение проектной технологии позволяет получить экономический эффект порядка 0,2 млн. рублей в год.

Выводы по экономическому разделу

По базовому варианту технологии сварки резервуара предусматривается применение ручной дуговой сварки и автоматической сварки под флюсом.

На основании анализа альтернативных способов сварки по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию с использованием в качестве основного технологического процесса автоматической и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения технологических свойств сварочной дуги предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества сварки, производительность будет повышена в два раза.

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 25 %, а производительность труда увеличилась 33 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 17 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,3 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,2 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 1,1 года.

Заключение

В выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение эффективности сварочных технологий при строительстве шарового резервуара объёмом 5000 кубических метра.

При анализе базовой технологии сварки шарового резервуара обнаружен главный её недостаток – применение ручной дуговой сварки для выполнения прихваток и подварочного шва.

Недостатки ручной дуговой сварки :

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

Недостатки автоматической сварки под флюсом: малая протяжённость меридианных швов, на которых не получается реализовать все преимущества автоматической сварки под флюсом.

На основании анализа альтернативных способов сварки по технологическому, техническому и технико-экономическому критериям предложено проектную технологию с использованием в качестве основного технологического процесса автоматической и механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для повышения технологических свойств сварочной дуги предложено использовать импульсное управление согласно разработкам отечественных исследователей. В результате применения этой разработки следует прогнозировать снижение разбрызгивания и повышение качества сварки, производительность будет повышена в два раза.

Анализ проектного технологического процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

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

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 25 %, а производительность труда увеличилась 33 %.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,2 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 1,1 года.

На основании вышеизложенного цель выпускной квалификационной работы может считаться достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы предлагаются к использованию на предприятиях, осуществляющих строительство резервуарных парков.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Акулов А. И., Алехин В. П., Ермаков С. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки : учебник для вузов. М. : Машиностроение, 2003. 560 с.
2. Банов М. Д., Казаков Ю. В., Козулин М. Г. Сварка и резка материалов : учеб. пособие. М. : Издательский центр «Академия», 2000. 400 с.
3. Бут В. С., Олейник О. И. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации // Автоматическая сварка. 2014. № 5. С. 42–50.
4. Варуха Е. Н., Морозов А. А. Расчёт глубины проплавления изделия при сварке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 2002. № 8. С. 20–23.
5. Воропай Н. М., Илюшенко В. М., Мешенков В. А. Технологические возможности процессов импульсной двухдуговой сварки в защитных газах (обзор) // Автоматическая сварка. 2005. № 7. С. 44–48.
6. Головкин В. В. Моделирование состава неметаллических включений в металле сварных швов высокопрочных низколегированных сталей // Автоматическая сварка. – 2001. – № 5. – С. 3–7.
7. Горбачёв С. В. Повышение однородности структуры механических свойств сварных соединений из сталей 20 и 09Г2С в режиме сверхпластической деформации : диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. Уфа, 2005.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
9. Гулаков С. В., Носовский Б. И. К вопросу построения модели сварочной ванны при дуговой сварке плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 2002. № 9. С. 24–28.

10. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Крампит М. А. Сварка с импульсным питанием в углекислом газе при работе системы с обратными связями // Вестник науки Сибири. 2011. № 1. С. 715–721.

11. Козырев Н. А., Крюков Р. Е., Крюков Н. Е. Разработка новых сварочных флюсов с использованием углеродфторсодержащих добавок // Теория и технология металлургического производства. 2018. № 3. С. 18-26.

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

13. Лебедев В. А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями // Автоматическая сварка. 2007. № 4. С. 19–22.

14. Марюшко Ю. С., Дусалимов М. Э., Глазков А. С. Необходимость актуализации нормативно-технической базы по шаровым резервуарам // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2018. № 5–6. С. 23–27.

15. Патон Б. Е., Римский С. Т., Галинич В. И. Применение защитных газов в сварочном производстве // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 17–24.

16. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. М.: НТЦ по безопасности в промышленности, 2008. 188 с.

17. Походня И. К., Шлепаков В. Н., Максимов С. Ю. Исследования и разработки ИЭС им. Е. О. Патона в области электродуговой сварки и наплавки порошковой проволокой // Автоматическая сварка. 2010. № 12. С. 34–42.

18. Пояркова Е. В. Кузеев И. Р., Авдонин А. М. Тотальный контроль ремонтно-монтажных работ крупногабаритной металлоконструкции // Вестник ТГУ. 2013. № 4. С. 1856–1858.

19. Романюк В. С., Ковалёв В. Д., Резник С. А. Высокопроизводительная сварка неповоротных стыков труб порошковой

проволокой с принудительным формированием шва // Сварщик. 2001. № 2. С. 32–33.

20. РД 03-380-00. Инструкция по обследованию шаровых резервуаров и газгольдеров для хранения сжиженных газов под давлением. М.: Промышленная безопасность, 2009. 79 с.

21. РД 39-138-95. Нормы технологического проектирования резервуарных парков СУГ М.: Роснефть, 1995. 149 с.

22. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

23. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.: Минстрой России, 2017. 148 с.

24. ТУ 3615-018-00217320-2006 Резервуары стальные. Технические условия. Введ. 10.05.2006

25. Ценев Н. К., Шаммазов А. М. Влияние внутренних границ раздела на развитие процессов разрушения в низкоуглеродистых сталях // ДАН. 1998. № 6. С. 762–764.

26. Шлепаков В. Н., Котельчук А. С., Науменко С. М. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2005. № 6. С. 18–22.

27. Якушин, Б.Ф. О прямом модифицировании сварочной ванны при автоматической сварке под флюсом / Б.Ф. Якушин, С.В. Потапов, В.С. Килёв // Евразийский союз учёных. – 2015. – № 12. – С. 126–133.

28. Chernyshova E. P., Permyakov M. B. Architectural Town-Planning Factor and Color Environment // World Applied Sciences Journal. 2017. № 7. P. 371–384.

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

30. Yamamoto T. Mathematical modeling of metal active gas arc welding // Sci. and Technology of Welding & Joining. 2002. № 4. P. 260–264.

31. Wang, F., Hou W. K., Hu S. J. Modelling and analysis of metal transfer in gas metal arc welding // *J. Phys. D: Applied Physics*. 2003. vol. 36. P. 1–19.
32. Wilson D. V., Tromans T. K. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel // *Acta Metallurgica*. 1970. vol. 18. P. 1197–1208.