

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 Технология сварки бака подземного резервуара РГСП-60

Обучающийся

Е.В. Жандаров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Ю. Краснопевцев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

## Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при сварке металлических конструкций типа резервуаров.

При анализе вопроса сформулированы недостатки базовой технологии сборки и сварки. Выполненный анализ известных решений позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить автоматическую сварку под флюсом.

Составлена проектная технология сварки, особенности выполнения операций которой описаны в настоящей выпускной квалификационной работе.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 156 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 35 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,845 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, на которых происходит сборка и сварка металлических резервуаров.

## Содержание

Введение . . . . .	5
1 Современное состояние сварки резервуаров из нержавеющей сталей. . . . .	7
1.1 Описание конструкции резервуара и условий его работы . . . . .	7
1.2 Сведения о материале изделия . . . . .	9
1.3 Описание технологических операций при выполнении базового технологического процесса изготовления резервуара. . . . .	11
1.4 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы. . . . .	19
2 Разработка проектной технологии сварки резервуара. . . . .	21
2.1 Обоснование выбора способа сварки. . . . .	21
2.2 Назначение параметров режима автоматической сварки под флюсом и сварочные материалы. . . . .	26
2.3 Описание операций технологического процесса сборки и сварки. . . . .	27
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений . . . . .	32
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта. . . . .	32
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков . . . . .	33
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков . . . . .	35
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта . . . . .	37
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности. . . . .	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений. . . . .	41

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям. . . . .	41
4. Оценка фонда времени работы оборудования. . . . .	43
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии . . . . .	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам . . . . .	46
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии. . . . .	50
4.6 Показатели экономической эффективности. . . . .	52
Заключение . . . . .	54
Список используемой литературы и используемых источников. . . . .	56

## Введение

При изготовлении металлических конструкций различного назначения существенная роль в построении процесса производства и ремонта играет дуговая сварка.

Самым универсальным способом следует признать ручную дуговую сварку. Этот способ сварки продолжает играть существенную роль при выполнении конструкций различного назначения. Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса.

Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом ограничивается из-за недостатков этого способа сварки. Первым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность. Вторым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргонодуговой сварки

неплавящимся электродом. Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации.

В настоящее время отмечается неуклонное уменьшение доли поставляемого на рынок оборудования для ручной дуговой сварки и материалов для ручной дуговой сварки [4], [12], [13]. Происходит повсеместное внедрение способов механизированной и автоматической сварки: проволокой сплошного сечения в газовой защите, самозащитной проволокой, под флюсом. Применение этих способов не только позволяет увеличить производительность процесса сварки, но и существенно повысить качество и эксплуатационные свойства конструкций.

За счёт применения различных технологических приёмов и технических устройств решается актуальная задача повышения эффективности процессов механизированной и автоматической сварки.

Другой тенденцией, которая на протяжении нескольких десятилетий отмечается по результатам мониторинга рынка материалов для изготовления сварных конструкций, является переход от низкоуглеродистых сталей на использование нержавеющей сталей. За счёт этого обеспечивается увеличение срока службы конструкции и её стойкость против коррозионных сред. Также за счёт повышения прочности самой конструкции становится возможным повышение её эксплуатационных характеристик и снижение массы, что положительно сказывается на транспортабельности.

Типовой конструкцией, которая изготавливается из нержавеющей стали 12Х18Н10Т является подземный резервуар РГСП-60, который может использоваться для хранения агрессивных сред.

На основании вышеизложенного следует отметить актуальность поставленной цели выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении резервуара РГСП-60.

# **1 Современное состояние сварки резервуаров из нержавеющей сталей**

## **1.1 Описание конструкции резервуара и условий его работы**

На рисунке 1 представлен резервуар РГСП-60, в состав которого входят днище (обозначено позицией 1), подвижная и неподвижная опоры (обозначены позициями 2 и 3), строповое устройство (обозначено позицией 4), технологические колодцы (обозначены позициями 5 и 6), люки (обозначены позициями 7 и 8), заземление (обозначено позицией 9), информационная таблица (обозначена позицией 10), обечайки (обозначены позициями 11, 12 и 13), кольцо жёсткости (обозначено позицией 14).

Представленный резервуар имеет вместимость 60 кубических метров и применяется в условиях необходимости экономии наземного пространства для хранения различных нефтепродуктов, питьевой воды, противопожарного запаса воды. Конструкция резервуара характеризуется отсутствием протечек.

В зависимости от назначения резервуары могут быть выполнены их стали ст3, 09Г2С, 12Х18Н10Т.

Рассматриваемый резервуар изготавливается из стали 12Х18Н10Т, так как служит для хранения гликоля. Резервуар имеет толщину стенки 6 мм и эксплуатируется при атмосферном давлении. Нормативный срок эксплуатации резервуара составляет 10 лет, а фактический срок службы составляет 50 лет. При этом расчётная скорость коррозии составляет 0,01 мм в год. За Нормативный срок эксплуатации резервуар должен выдержать не менее 10 тысяч циклов нагружения. Резервуар может эксплуатироваться при температурах от -40 до +100 °С.

При изготовлении резервуара РГСП-60 может быть выполнено от одной до трёх секций, в которых будет содержаться различная жидкость. В этом случае количество горловин и патрубков увеличивается соответственно количеству отдельных секций.

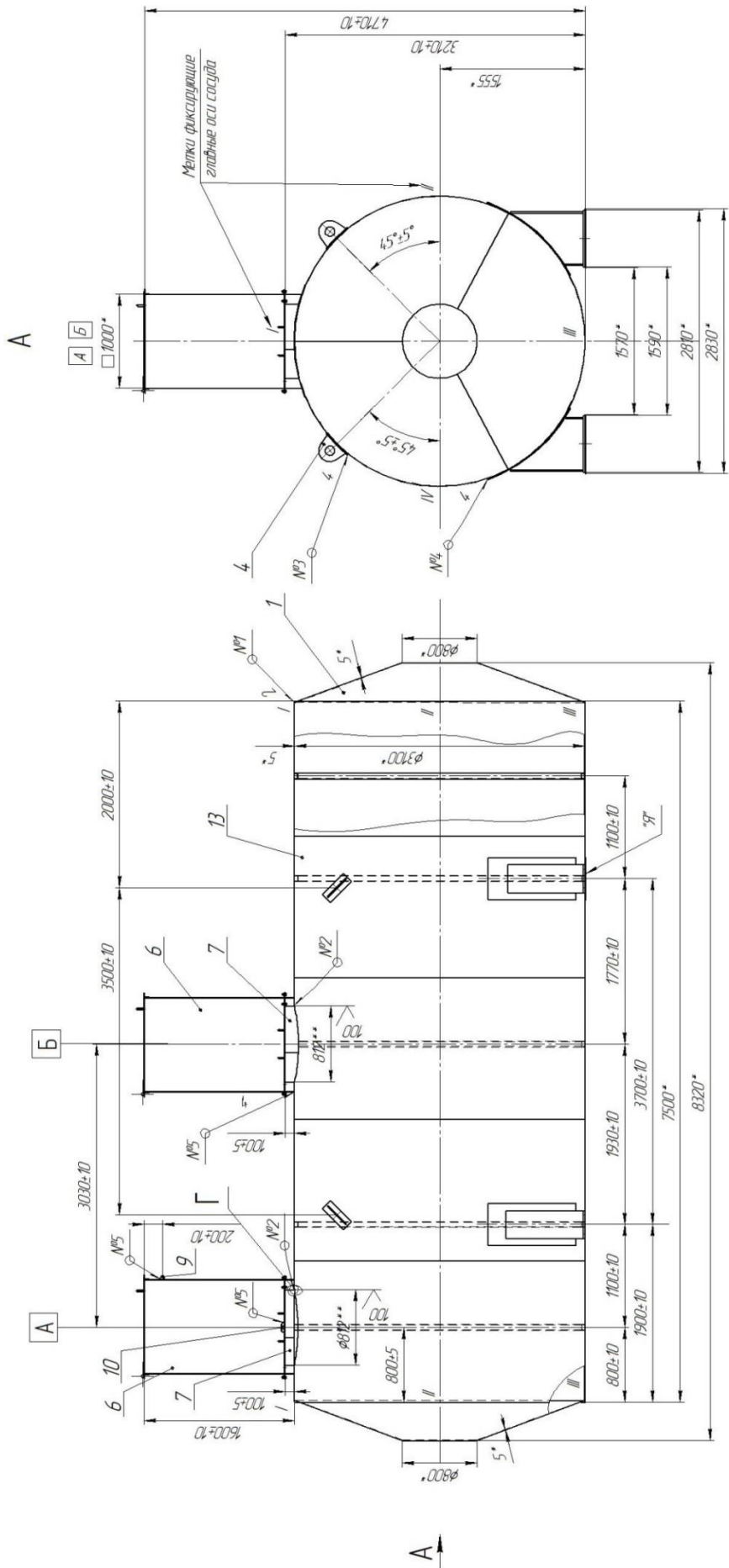


Рисунок 1 – Подземный резервуар РГСП-60



## 1.2 Сведения о материале изделия

Рассматриваемый резервуар выполнен из стали 12Х18Н10Т, которая является коррозионной жаростойкой и нашла применение при изготовлении различных химических аппаратов и ёмкостей. Содержание химических элементов в стали 12Х18Н10Т представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав в % стали 12Х18Н10Т

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	остальное

Содержание в стали углерода составляет порядка 0,12 %, что позволяет получить практически полную аустенитную структуру, так как углерод при содержании более 0,08 % обладает аустенитообразующим действием. На рисунке 2 представлена структура наплавленного металла при выполнении конструкций из стали 12Х18Н10Т с применением электродов ЦЛ-11.

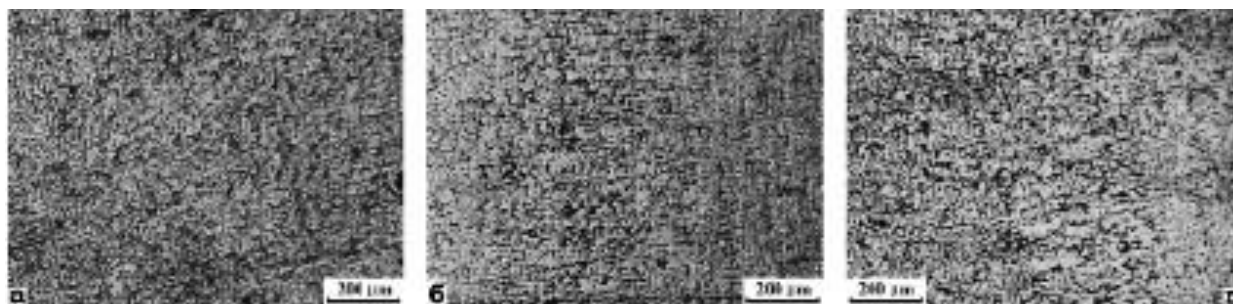


Рисунок 2 – Структура наплавленного металла [6]

Легирующими элементами стали 12Х18Н10Т являются хром, никель и титан. Содержание хрома в стали составляет 17...19 % и обеспечивает высокую коррозионную стойкость за счёт способности металла к пассивации. Содержание никеля в стали составляет 9...11 %, поэтому в структуре наблюдается преобладание аустенита, что обеспечивает благоприятное

сочетание эксплуатационных свойств и высокой технологичности стали 12X18H10T [18], [19].

Высокая совокупная концентрация никеля и хрома позволяет повысить стабильность аустенита. Но при этом следует учитывать, что содержащиеся в стали кремний, алюминий и титан могут способствовать образованию некоторого количества феррита.

При выполнении сварных соединений в конструкциях из стали 12X18H10T приходится преодолевать затруднения в виде образования горячих трещин, межкристаллитной коррозии и охрупчивания околошовной зоны.

Для того, чтобы обеспечить уменьшение склонности к образованию горячих трещин при сварке стали 12X18H10T, следует поддерживать минимальную длину дуги, а сварку вести без поперечных колебаний. Необходимо выполнять тщательное заплавление кратеров, которые запрещено выводить на основной металл. Кратерные трещины, образовавшиеся при обрыве дуги необходимо полностью зачищать перед возобновлением дуги. Необходимо оптимизировать конструкцию изделия, отдавая предпочтение стыковым соединениям перед тавровыми и нахлесточными соединениями.

Для борьбы с межкристаллитной коррозией, необходимо принимать такую последовательность заварки швов, чтобы работающие в условиях коррозионной среды швы выполнялись в последнюю очередь. Также необходимо вести сварку на пониженном токе, применять принудительное охлаждение и повышенную скорость сварки. Сварку следует выполнять без колебаний электродами малого диаметра. Полирование поверхности сварного шва повышает стойкость по отношению к межкристаллитной коррозии [19].

Охрупчивание околошовной зоны проявляется в снижении пластических свойств основного металла в процессе длительной работы при повышенных температурах. При этом, если металл в процессе сварки

нагревался до температур 350...550 °С, то охрупчивание происходит вследствие образования в нём феррита. Если в процессе сварки металл подвергался нагреву до температур 550...850 °С, то охрупчивание происходит вследствие стигматизации [19].

### **1.3 Описание технологических операций при выполнении базового технологического процесса изготовления резервуара**

#### **1.3.1 Входной контроль**

На первой операции выполняют входной контроль материалов, проверяют состояние листового и профильного проката. Хранение заготовок и материалов следует выполнять под навесами или в закрытых помещениях, при этом должна быть обеспечена защита от механических повреждений, загрязнения и контакта с цветными металлами, который может вызвать коррозию материала.

При приемке материалов проверяют наличие и соответствие маркировки условиям заказа, качество поверхности проката. К материалам для выполнения заготовок предъявляются следующие требования [3], [17].

При входном контроле материалов следует провести визуальный осмотр листов всех листов с обеих сторон. На поверхности листов не допускается присутствие трещин, раковин, разрывов и вздутий. Если на поверхности листа обнаружены дефекты, то их необходимо устранить механическим способом при условии, что толщина листа не уменьшится более чем на 0,25 мм.

Обрезанные кромки листа не должны иметь трещин, расслоений и разрывов. Наличие недопустимых дефектов определяется визуально без применения дополнительных приборов.

Контроль толщины листа выполняют на каждом десятом листе.

При проверке варочных материалов необходимо провести испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТ

6032-75. Для каждой поступающей партии электродов проверяется наличие сопроводительного документа, в которых должна содержаться следующая информация:

- тип, марка и диаметр сварочных электродов;
- масса электродов без учёта массы тары;
- название предприятия, на котором выполнялось изготовление сварочных электродов;
- наименование и номер стандарта или технических условий на сварочные электроды;
- результаты проведённых испытаний на выполнение требований к электродам;
- номер партии и дата изготовления.

Условия хранения и подготовки сварочных материалов должны соответствовать требованиями РТМ 26-304-78.

Если условия хранения вызывают сомнение в состоянии сварочных электродов, независимо от срока их хранения следует провести испытания электродов на соответствие техническим требованиям.

### **1.3.2 Заготовительные операции**

На второй операции, которая следует за входным контролем, проводят подготовку заготовок, которая предусматривает правку листового проката, разметку листов и профильного проката, резку, подготовку кромок, гибку.

До выполнения разметки и резки заготовок необходимо провести правку листового проката. Для этого выполняют многократное пропускание листов между двумя рядами валков, применяют семивалковые вальцы при скорости правки 50...70 мм в секунду. Проверку качества правки выполняют при помощи металлической линейки. Допускаемая волнистость листа составляет не более 3 мм на 1 погонный метр.

После правки выполняют разметку с использованием шаблонов. После разметки проводят резку. Для заготовок из стали 12Х18Н10Т

допускается применение механической, плазменной или лазерной резки. В настоящей технологии применим механическую резку и плазменную резку.

Механическая резка на гильотинных ножницах применяется для отреза листов. Воздушно-плазменная резка применяется для выполнения отверстий под штуцера и люки. В случае обнаружения на кромках после плазменной резки грата следует провести обработку механическим способом с удалением слоя металла на глубину не менее 0,8 мм.

После выполнения разделительной резки качество реза должно позволять проведение дальнейшей сборки и сварки без проведения дополнительной обработки кромки листа.

Для подготовки кромок применяется кромкострогальный станок. После выполнения кромок следует проверить их состояние и удалить механическим способом выступы, которые могут препятствовать сборке.

Перед выполнением сборки необходимо провести зачистку кромок до металлического блеска, и обезжиривание. Ширина зачистки должна быть не менее 20 мм с внешней стороны и не менее 10 мм с внутренней стороны заготовок.

После того, как кромки были подготовлены, следует провести контроль их состояния, проверяя:

- качество подготовки, правильность размеров фасок при помощи шаблонов, отсутствие неровностей более 1 мм, отсутствие следов грата и загрязнений;
- качество зачистки наружных и внутренних поверхностей заготовок;
- толщины заготовок, которая может уменьшиться до недопустимой в результате зачистки.

### **1.3.3 Гибка заготовок**

После изготовления и контроля заготовок проводят их гибку в холодном состоянии по кривой. Для толщины стенки 6 мм минимальный радиусгиба составляет  $25 \cdot 6 = 150$  мм. В противном случае ухудшаются пластические свойства листового металла. Поскольку в рассматриваемо

конструкции радиус гiba составляет 800 мм, то гибка в холодном состоянии может быть проведена.

Для вальцовки обечаек применяется листогибочная четырехвалковая машина ИБ-2416. Потребляемая мощность составляет 6,3 кВт, скорость гiba составляет 0,17 м/сек. На рисунке 3 представлена схема вальцовки с применением четырёхвалковой машины, которая позволяет получать несвальцованный участок шириной не более двух толщин.



Рисунок 3 – Схема вальцовки на четырёхвалковой машине

Использование четырёхвалковой машины позволяет получить высокую точность гiba, при этом следует отметить простоту эксплуатации четырёхвалковых машин, так как они позволяют проводить операцию вальцовки одним оператором за счёт того, что поджатие листа происходит сразу после центрирования и остаётся зажатым в течение всей операции вальцовки. Также исключается вероятность проскальзывания. При этом вальцевание листа может быть выполнено за один проход, при этом обеспечивается возможность цифрового управления работой машины.

Получение заготовок днищ выполняют с использованием холодной штамповки, которая применяется для листов толщиной до 10 мм и имеет высокую производительность, позволяя получать заготовки высокой точности. Для штамповки днищ применим гидравлический пресс К04.К3533А. Усилие штамповки составляет 2 МН.

### 1.3.4 Сборка и прихватка

Для сборки применяют универсальное сборочное приспособление. При выполнении сборочных операций необходимо применение подъёмно-транспортных механизмов. Сборка должна обеспечивать расположение элементов согласно требованиям чертежа. При этом величина зазоров

должна быть не более 1 мм, а смещение кромок – не более 0,5 мм. Для контроля величины зазора применяют специальный шаблон – зазорник. Приступать к сварочным работам можно только после того, как была проверена правильность и точность сборки.

Сборку элементов необходимо выполнять в последовательности, которая обеспечивает свободный доступ к выполнению сварочных работ. Параметры режима выполнения прихваток соответствуют параметрам режима выполнения сварных швов.

Для выполнения прихватки применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506. Расположение прихваточных швов должно быть равномерным по периметру стыка, длина прихватки составляет 10...12 мм при расстоянии между прихватками 150...200 мм. Для выполнения прихваток применяются сварочные электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Ток сварки принимают равным 50...100 А, сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к сварному шву. Выполняют визуальный контроль состояния прихваток, в результате которого проверяют прихватки на отсутствие недопустимых дефектов. В случае наличия недопустимых дефектов выполняют удаление прихватки механическим способом и её переварку.

После того, как были выполнены и проверены прихватки, выполняют приварку входных планок. Применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506. Применяются сварочные электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Ток сварки принимают равным 90...150 А, сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

### **1.3.5 Сварка обечаек**

После сборки и прихватки элементов резервуара их транспортируют на участок сварки с применением крана-балки. На участке сборки и сварки изделие закрепляют в сварочной оснастке и приводят свариваемые кромки в положение «зенит». Для облегчения доступа сварщика к выполняемым швам применяют порталную установку и эстакаду.

Зажигание дуги выполняют на технологической планке. Для выполнения сварки применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506. Сварку ведут электродами ОЗЛ-8 диаметром 4 мм. Ток сварки принимают равным 90...150 А, сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Сварку завершают после выхода на технологическую планку.

После выполнения сварных швов их следует зачистить от наплывов и неровностей. После выполнения каждого сварного шва необходимо провести его осмотр. Не допускается наличие в сварном шве трещин, прожогов, шлаковых включений и непроваров.

В случае обнаружения дефекта следует вырубить дефектное место и заварить его повторно, после чего выполнить контроль качества. При этом допускается исправление дефектов в одном месте более двух раз.

### **1.3.6 Сварка корпуса**

После сварки обечайки при помощи мостового крана перемещают на участок сборки и сварки корпуса. Обечайки помещают на роликовый вращатель и стыкуют между собой. При этом величина зазоров должна быть не более 1 мм, а смещение кромок – не более 0,5 мм. Для контроля величины зазора применяют специальный шаблон – зазорник. Далее выполняют стяжку обечаек и их прихватку.

Для выполнения прихватки применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506. Расположение прихваточных швов должно быть равномерным по периметру стыка, длина прихватки составляет 10...12 мм при расстоянии между прихватками 150...200 мм. Для выполнения прихваток применяются сварочные электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Ток сварки принимают равным 50...100 А, сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

При выполнении сборки обечаек необходимо обеспечить расстояние между продольными стыками обечаек не менее 400 мм.

К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к сварному шву. Выполняют визуальный контроль состояния прихваток, в результате которого проверяют прихватки на отсутствие недопустимых



дефектов. В случае наличия недопустимых дефектов выполняют удаление прихватки механическим способом и её перепварку.

Далее выполняют сварку внешнего слоя шва. Применяется сварочный выпрямитель ВДУ-506. Сварку ведут электродами ОЗЛ-8 диаметром 4 мм. Ток сварки принимают равным 90...150 А, сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. При этом сварщик расположен на эстакаде, а само изделие вращается, что позволяет обеспечить благоприятное положение сварного шва в пространстве.

После этого выполняют сварку подварочного слоя с внутренней стороны. После выполнения сварных швов их следует зачистить от наплывов и неровностей.

### **1.3.7 Контроль качества**

При пооперационном контроле проводя проверку точности сборки, качество подготовки кромок и зачистки основного металла, точность расположения элементов.

При выходном контроле качества сварных соединений проводят их визуальный осмотр и измерительный контроль. После визуально-измерительного контроля проводят ультразвуковой контроль.

Визуально-измерительному контролю подвергается 100% сварных швов независимо от применения других методов контроля. Визуальный осмотр сварного шва выполняют по всей его поверхности, которая доступна для осмотра. Не допускается наличие таких дефектов, как трещины, подрезы, свищи, непровар корня шва, прожоги.

Для проведения визуального контроля применяется набор, который включает в себя: металлические линейки, штангенциркуль с глубиномером, универсальный шаблон сварщика, набор луп, фонарик, инструкцию РД 03-606-03, металлический угольник, щупы и радиусные шаблоны, маркер по металлу.

После обнаружения недопустимого дефекта его следует устранить. Для этого проводят повторную заварку дефектного места. При этом сначала

удаляют дефект до здорового металла, далее выполняют заварку. При обнаружении пор или шлаковых включений выполняют высверливание или вырубку дефектного места. Если при этом были обнаружены дополнительные дефекты, то выполняют дополнительное рассверливание или вырубку.

В случае обнаружения подреза его удаляют зачисткой или зачисткой и заваркой. Удаление подреза только зачисткой без заварки допускается при глубине подреза не более 8 % толщины основного металла или не более 1 мм для толщины стенки от 6 до 20 мм.

Для проверки цистерны на герметичность применяют газовый метод контроля течеисканием. Сущность метода заключается в следующем. Газ под давлением подают внутрь цистерны, а снаружи порывают контролируемую поверхность мыльным раствором. Под давлением газ проходит через сквозные дефекты и обнаруживает место их залегания по пузырькам. При этом возможно обнаружение мелких дефектов.

Сваренную цистерну при помощи мостового крана помещают на кантователь КД-1 и подают в неё сжатый воздух под давлением 4 атм. На сварные швы наносят раствор, который состоит из 1 литра воды и 50 граммов мыла. В месте залегания сквозного дефекта происходит образование пузырей. Дефектное место следует отметить мелом. После этого сбрасывают избыточное давление в цистерне и отключают её от установки подачи сжатого воздуха.

При обнаружении внутреннего дефекта следует удалить дефектное место механическим способом и переварить. Допускается не более трёх ремонтных сварок в одном месте, считая первую ремонтную сварку.

## **1.4 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы**

В настоящей работе поставлена цель – повышение производительности и качества сварочных работ при изготовлении резервуара РГСП-60.

Базовая технология сборки и сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки. Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Исходя из этого могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, решение которых обеспечит достижение поставленной цели.

Первой задачей является обоснование выбора способа сварки. При этом следует рассмотреть альтернативные способы сварки, дать им экспертную оценку по критериям технологичности, экономичности и долговечности сварных соединений. Далее необходимо предложить способ сварки, который будет использован для построения проектной технологии.

Второй задачей является построение проектной технологии сварки. При этом следует дать перечень технологических операций, которые будут выполняться при осуществлении процесса. Также необходимо

сформулировать требования к выполнению каждой операции и назначить параметры режима обработки, выбрать необходимое технологическое оборудование.

Третьей задачей, которая будет решаться в оценочном блоке является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [2], [5].

Четвёртой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [10], [11].

## 2 Разработка проектной технологии сварки резервуара

### 2.1 Обоснование выбора способа сварки

Резервуар изготавливается из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т, применительно к которой могут быть использованы такие способы сварки, как

- «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»
- [1], [16].

Для рассматриваемой толщины стенки свариваемой металлической конструкции, которая равна 6 мм, в качестве пригодных способов, применение которых наиболее рационально, следует указать:

- «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»
- [1], [16].

С учётом анализа конфигурации, длины и пространственного положения сварных в качестве сварки, которые рационально применить при изготовлении рассматриваемой конструкции, следует рассмотреть такие:

- «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» [1], [16].

Самым универсальным способом следует признать ручную дуговую сварку, схема выполнения которой представлена на рисунке 4-а. Этот способ сварки продолжает играть существенную роль при выполнении конструкций различного назначения. Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса.

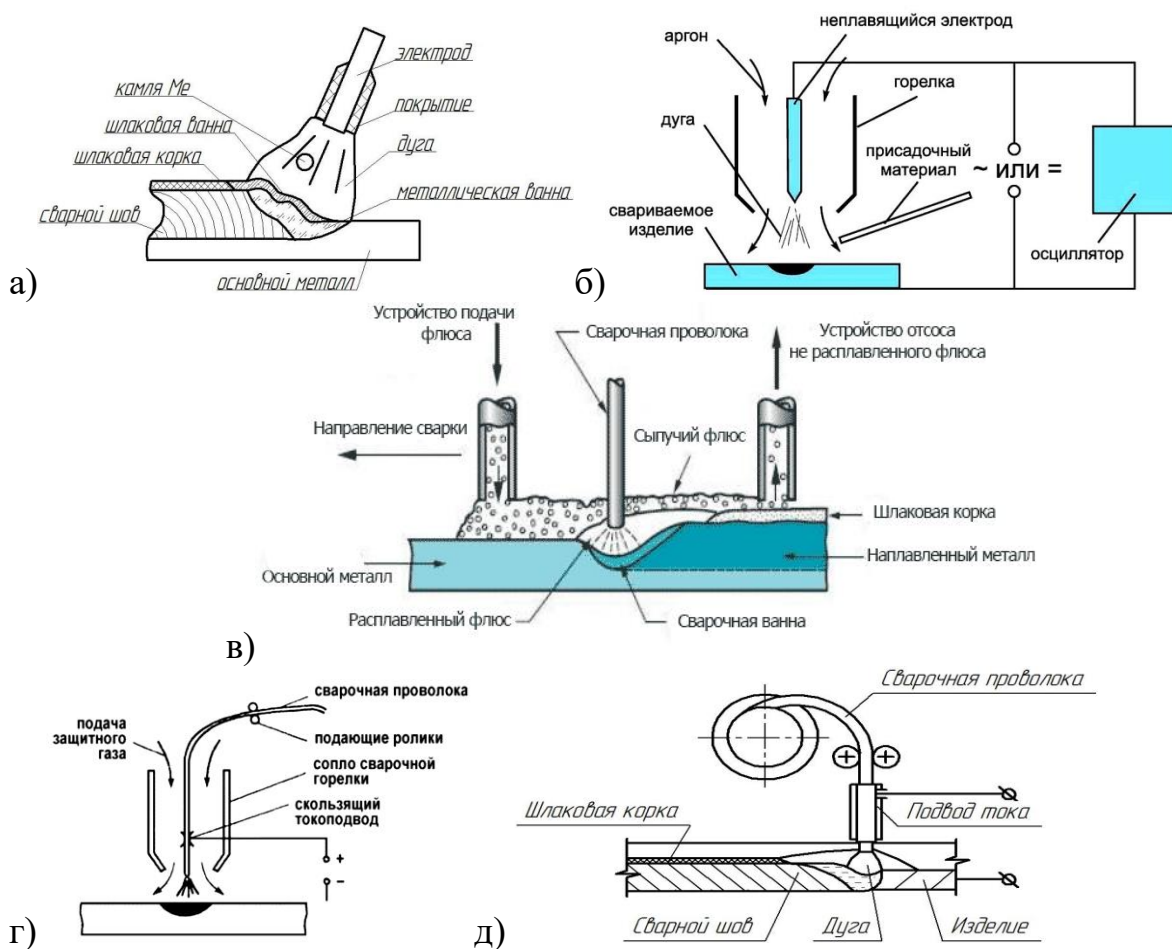


Рисунок 4 – Рассматриваемые способы сварки: ручная дуговая (а), аргодуговая (б), под флюсом (в), механизированная в защитных газах (г), самозащитной проволокой (д)

Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

В числе преимуществ аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, схема выполнения которой представлена на рисунке 4-б, следует указать, в первую очередь, высокое качество сварного шва. Этот способ сварки широко применяется в составе комбинированной сварки, когда с применением аргонодуговой сварки неплавящимся электродом выполняются прихватки и концевой слой шва, а заполнение разделки выполняется с применением ручной дуговой сварки. Также существует возможность сварки металлов с особыми свойствами за счёт регулирования состава наплавленного металла. Сварка неплавящимся электродом характеризуется условиями труда, намного лучшими, чем ручная дуговая сварка.

Применение аргонодуговой сварки неплавящимся электродом ограничивается из-за недостатков этого способа сварки. Первым недостатком является низкая производительность процесса, кроме того, приходится постоянно выполнять заточку неплавящегося электрода, что также снижает производительность. Вторым недостатком является необходимость использования в качестве защитного газа дорогостоящих аргона, гелия или их смесей, что существенно повышает стоимость аргонодуговой сварки

неплавящимся электродом. Третьим недостатком является высокая стоимость и сложность обслуживания сварочного оборудования. Четвёртым недостатком является необходимость привлечения сварщиков высокой квалификации.

Автоматическая сварка под флюсом, схема выполнения которой показана на рисунке 4-в, позволяет существенно повысить производительность и качество выполнения сварочных работ. При этом существенно улучшаются условия труда сварщика [6].

В качестве недостатков автоматической сварки под флюсом, которые ограничивают применение этого перспективного способа, следует указать, во-первых, сложность удержания флюса на поверхности изделия при выполнении вертикальных и потолочных швов. Во-вторых, повышенная текучесть расплавленного металла при сварке под флюсом может стать причиной получения непроваров, пор и шлаковых включений. В-третьих, при автоматической сварке под флюсом существенно повышаются требования к точности сборки, что увеличивает стоимость и снижает производительность подготовительных операций.

В настоящее время в мире наблюдается устойчивый рост применения механизированных способов сварки, которые вытесняют ручную дуговую сварку [9], [14]. При применении механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных газах плотность тока, а значит, и производительность, могут быть увеличены по сравнению с ручной дуговой сваркой. При сварке в углекислом газе, схема выполнения которой представлена на рисунке 4-г, расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает удержание сварочной ванны при выполнении сварки.

Недостатками сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения следует признать интенсивное разбрызгивание, которое ограничивает величину сварочного тока и не позволяет применять форсированные режимы сварки. Также повышенная вязкость расплавленного металла может стать



причиной образования горячих трещин. Кроме того, низкая текучесть расплавленного металла может стать причиной образования дефектов при выполнении корневого слоя шва.

Сварка порошковыми проволоками, схема выполнения которой представлена на рисунке 4-д, может быть выполнена с использованием того же оборудования, что и сварка проволокой сплошного сечения. При этом удаётся реализовать преимущества сварки порошковыми проволоками. При сварке порошковыми проволоками удаётся получить сочетание положительных качеств ручной дуговой сварки и механизированной сварки в защитных газах [15], [20].

Главным недостатком сварки самозащитной проволокой является неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений. Кроме того, при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва. Также порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме.

На основании предварительного анализа способов сварки для проведения экспертной оценки были выбраны следующие способы сварки:

- ручная дуговая сварка покрытыми электродами,
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах,
- механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой;
- сварка неплавящимся электродом в инертных газах;
- автоматическая сварка под флюсом.

На основании вышеизложенного для построения проектной технологии сварки предлагается использовать автоматическую сварку под флюсом.

## 2.2 Назначение параметров режима автоматической сварки под флюсом и сварочные материалы

В числе основных параметров режима автоматической сварки под флюсом следует указать:

- « электродной проволоки,
- род, полярность тока,
- номер слоя шва,
- сила сварочного тока  $I_{св}$ ,
- напряжение дуги  $U_{д}$ ,
- скорость подачи электродной проволоки  $V_{пр}$ ,
- скорость сварки  $V_{св}$ ,
- вылет электрода» [16].

В качестве флюса предлагается использовать флюс АНФ-5. В качестве сварочной проволоки предлагается к использованию проволока Св-06Х19Н9Т, содержание химических элементов в которой представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в проволоке Св-06Х19Н9Т

«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» [4]

Перед выполнением сварки необходимо провести прокалку сварочного флюса. Для этого его помещают в печь с температурой 300...400 °С и выдерживают в течение 1...15 часов. После проведённой прокалки флюс должен быть использован по назначению в течение 15 суток. До сварки после прокалки флюс следует хранить в сухом отапливаемом помещении. Если по истечению 15 суток флюс не был использован, необходимо проведение повторной прокалки, при этом количество прокалок флюса неограниченно.

На основании данных источника [18] назначаем параметры режима сварки. Диаметр проволоки принимаем равным 4 мм. Назначаем силу

сварочного тока 650...700 А. Величина напряжения на дуге, при которой обеспечивается стабильность процесса, принимается равной 29...35 В. Скорость подачи проволоки принимается равной 200...240 см в минуту. Скорость сварки принимается равной 50...55 см в минуту.

### 2.3 Описание операций технологического процесса сборки и сварки

В проектном технологическом процессе такие операции, как правка, разметка, резка и подготовка кромок не претерпели изменений.

В проектной технологии, как и в базовой технологии, сборку выполняют с применением универсального приспособления. Для выполнения прихваточных швов предлагается использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. В качестве источника питания применяется источник УДГУ-315 и полуавтомат ПДГ-312, которые представлены на рисунке 5. В качестве защитного газа применяется аргон, в качестве сварочной проволоки применяется проволока Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм.



Рисунок 5 – Оборудование для выполнения прихваток по базовой технологии: источник питания УДГУ-351 (а) и механизм подачи проволоки ПДГ-312 (б)

Параметры режима сварки при выполнении прихваток приняты: сила сварочного тока 190...210 А, напряжение на дуге принимается равным

20...25 В, расход защитного газа оставляет 10...12 литров в минуту, скорость сварки составляет 10...15 метров в час.

Расположение прихваточных швов должно быть равномерным по периметру стыка, длина прихватки составляет 10...12 мм при расстоянии между прихватками 150...200 мм.

Схема выполнения прихваточного шва представлена на рисунке 6.

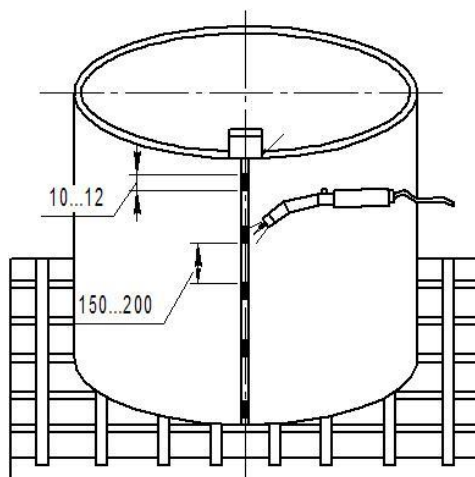


Рисунок 6 – Схема выполнения прихваточного шва

К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к сварному шву. Выполняют визуальный контроль состояния прихваток, в результате которого проверяют прихватки на отсутствие недопустимых дефектов. В случае наличия недопустимых дефектов выполняют удаление прихватки механическим способом и её перепарку.

Недопустимыми дефектами при выполнении прихваток являются непровары в корне сварного шва, трещины всех направлений, выходящие на поверхность поры диаметром более 2 мм, подрезы при глубине более 2 мм, несплавления и наплывы.

Для выполнения продольного стыка на обечайках устанавливают обечайки таким образом, чтобы сварной шов находился в положении «зенит». Подводят сварочную колонну к стыку и позиционируют сварочную горелку над технологической планкой. После подачи сварочного флюса возбуждают дугу и выполняют сварку продольного стыка на обечайке.

Схема выполнения сварки продольного стыка представлена на рисунке 7. В качестве источника питания сварочной дуги предлагается к использованию Sub Arc DC1000/1200, который представлен на рисунке 8. Диаметр проволоки принимаем равным 4 мм. Назначаем силу сварочного тока 650...700 А. Величина напряжения на дуге, при которой обеспечивается стабильность процесса, принимается равной 29...35 В. Скорость подачи проволоки принимается равной 200...240 см в минуту. Скорость сварки принимается равной 50...55 см в минуту. После выхода сварочной дуги на технологическую планку прекращают процесс сварки.

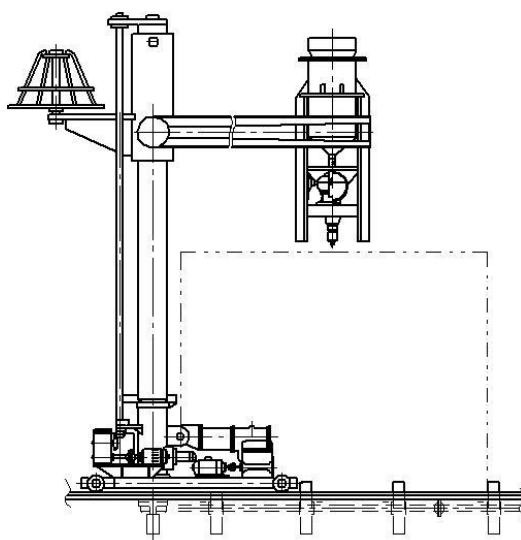


Рисунок 7 – Схема выполнения сварки продольного стыка



а)



б)

Рисунок 8 – Общий вид (а) и работа установки (б) Sub Arc DC

После того, как была выполнена сварка продольного шва на обечайке, выполняют срезание технологических планок и удаление шлаковой корки. После этого проводят визуальный осмотр сварного шва.

После сварки обечайки при помощи мостового крана перемещают на участок сборки и сварки корпуса. Обечайки помещают на роликовый вращатель и стыкуют между собой. При этом величина зазоров должна быть не более 1 мм, а смещение кромок – не более 0,5 мм. Для контроля величины зазора применяют специальный шаблон – зазорник. Далее выполняют стяжку обечаек и их прихватку.

Параметры режима сварки при выполнении прихваток приняты: сила сварочного тока 190...210 А, напряжение на дуге принимается равным 20...25 В, расход защитного газа оставляет 10...12 литров в минуту, скорость сварки составляет 10...15 метров в час. Расположение прихваточных швов должно быть равномерным по периметру стыка, длина прихватки составляет 10...12 мм при расстоянии между прихватками 150...200 мм.

К качеству прихваток предъявляются такие же требования, как и к сварному шву. Выполняют визуальный контроль состояния прихваток, в результате которого проверяют прихватки на отсутствие недопустимых дефектов. В случае наличия недопустимых дефектов выполняют удаление прихватки механическим способом и её переварку.

Недопустимыми дефектами при выполнении прихваток являются непровары в корне сварного шва, трещины всех направлений, выходящие на поверхность поры диаметром более 2 мм, подрезы при глубине более 2 мм, несплавления и наплывы.

После прихватки элементов корпуса цистерны выполняют их сварку с применением оборудования и параметров режима аналогично операции сварки продольного шва на обечайках.

При пооперационном контроле проводя проверку точности сборки, качество подготовки кромок и зачистки основного металла, точность расположения элементов.

При выходном контроле качества сварных соединений проводят их визуальный осмотр и измерительный контроль. После визуально-измерительного контроля проводят ультразвуковой контроль.

Визуально-измерительному контролю подвергается 100% сварных швов независимо от применения других методов контроля. Визуальный осмотр сварного шва выполняют по всей его поверхности, которая доступна для осмотра. Не допускается наличие таких дефектов, как трещины, подрезы, свищи, непровар корня шва, прожоги.

После обнаружения недопустимого дефекта его следует устранить. Для этого проводят повторную заварку дефектного места. При этом сначала удаляют дефект до здорового металла, далее выполняют заварку. При обнаружении пор или шлаковых включений выполняют высверливание или вырубку дефектного места. Если при этом были обнаружены дополнительные дефекты, то выполняют дополнительное рассверливание или вырубку.

При обнаружении внутреннего дефекта следует удалить дефектное место механическим способом и переварить

Допускается не более трёх ремонтных сварок в одном месте, считая первую ремонтную сварку.

В случае обнаружения подреза его удаляют зачисткой или зачисткой и заваркой. Удаление подреза только зачисткой без заварки допускается при глубине подреза не более 8 % толщины основного металла или не более 1 мм для толщины стенки от 6 до 20 мм.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [8] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [2], [5].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [10], [11].

### **3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений**

#### **3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта**

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы решались вопросы, связанные с повышением эффективности сварки металлических конструкций типа резервуаров. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить автоматическую сварку под флюсом.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов. Защита от этих факторов должна быть выполнена в настоящем разделе выпускной квалификационной работы.

Особенности выполнения проектного технологического процесса сборки и сварки представлены в таблице 3. В технологическом процессе можно выделить пять операций. Первая операция – входной контроль. Для её выполнения применяется набор измерительного инструмента. Вторая операция – подготовительная. При её выполнении применяется крокострогательный станок, гильотинные ножницы, установка плазменной резки, гибочные валки. Третья операция – сборка с прихваткой. Для её выполнения применяется универсальное сборочное приспособление, сварочный выпрямитель. Четвёртая операция – сварка. Для её выполнения применяется роликовый стенд, набор оборудования для автоматической сварки под флюсом. Пятая операция – контроль качества с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.



Таблица 3 – Особенности выполнения операций технологического процесса

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования
Входной контроль	дефектоскопист	набор измерительного инструмента
Подготовительная	слесарь-сборщик	крокострогательный станок, гильотинные ножницы, установка плазменной резки, гибочные валки
Сборка с прихваткой	слесарь-сборщик, сварщик на автоматических машинах	универсальное сборочное приспособление, сварочный выпрямитель
Сварка	сварщик на автоматических машинах	роликовый стенд, набор оборудования для автоматической сварки под флюсом
Контроль качества	дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля и дефектоскопа

Представленные в таблице 3 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

### **3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков**

Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает применение оборудования, которое становится источником негативных производственных факторов. Таким образом возникают профессиональные и производственные риски. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 4 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков.

Таблица 4 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
Входной контроль	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>
Подготовительная	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>
Сборка с прихваткой	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> </ul>
Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;</li> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>- опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги</li> <li>- инфракрасное излучение;</li> <li>- ультрафиолетовое излучение</li> </ul>
Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;</li> <li>- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> </ul>

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 4 данных. Дальнейшие работы в этом направлении предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

### **3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков**

Проведенная ранее идентификация профессиональных рисков позволила выявить семь негативных факторов, действие которых может вызывать опасность для персонала и проявляться во вреде здоровью вследствие кумулятивного эффекта.

На основании результатов исследований проектного технологического процесса на предмет выявления производственных и профессиональных рисков, которые представлены в таблице 4, выделено семь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений.

В таблице 5 представлены необходимые мероприятия по защите персонала. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты.

Таблица 5 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 5 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

### **3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта**

При выполнении операций предлагаемого проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	кромострогательный станок, гильотинные ножницы, установка плазменной резки, гибочные валки, сварочное оборудование
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	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.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

На основании данных таблицы 6 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к

классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе. Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 7 приведены технические средства по устранению опасных факторов пожара.

Таблица 7 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

### 3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. На основании проведённого анализа могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 8 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

Таблица 8 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [2]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [2]
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке 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» [2]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Особое внимание следует уделить организации селективного сбора мусора, который в значительных количествах накапливается на производственных участках. Раздельный сбор отходов позволяет выполнять эффективный рециклинг, что не только уменьшает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать значительный экономический эффект за счёт экономии ресурсов.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.



## **4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений**

### **4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям**

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при сварке металлических конструкций типа резервуаров. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить автоматическую сварку под флюсом.

В технологическом процессе можно выделить пять операций. Первая операция – входной контроль. Для её выполнения применяется набор измерительного инструмента. Вторая операция – подготовительная. При её выполнении применяется крокострогательный станок, гильотинные ножницы, установка плазменной резки, гибочные валки. Третья операция – сборка с прихваткой. Для её выполнения применяется универсальное сборочное приспособление, сварочный выпрямитель. Четвёртая операция – сварка. Для её выполнения применяется роликовый стенд, набор оборудования для автоматической сварки под флюсом. Пятая операция – контроль качества с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

В таблице 9 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов. Следует рассчитать капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии, себестоимость изготовления продукции и на основании этого оценить целесообразность внедрения предлагаемых решений с использованием показателей экономической эффективности.

Таблица 9 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	$P_p$	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_d$	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	250 тыс.	1200 тыс.
Норма амортизации оборудования	$K_a$	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	25	40
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	$S$	$m^2$	150	150
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ $m^2$ )/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/ $m^2$	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

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

## 4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным  $D_p=277$ , при этом продолжительность рабочей смены составляет  $T_{см}=8$  часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину  $T_{п}=1$  час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет  $D_{п}=7$  дней. Для количества рабочих смен  $K_{см}=2$  рассчитываем годовой фонд времени:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$  часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени  $V=7\%$ :

$$F_э = F_H(1 - V/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$  часов.

### 4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время  $t_{шт}$  включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время  $t_{маш}$ ), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время  $t_{всп}$ ), личный отдых (время отдыха  $t_{отд}$ ), подготовительно-заключительное время  $t_{п-з}$  и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания  $t_{обсл}$ ):

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отд} + t_{п-з} . \quad (3)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $t_{шт.баз} = 18 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 31,5$  часа и  $t_{шт.проектн.} = 7 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 12,25$  часа.

Размер годовой программы  $\Pi_{г}$  рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

$$\Pi_{г} = F_{э} / t_{шт} . \quad (4)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $\Pi_{г.баз.} = 2054/31,5 = 65$  конструкций для базового технологического процесса и  $\Pi_{г.пр.} = 2054/12,25 = 167$  конструкций для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии  $\Pi_{г} = 40$  конструкций в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы  $K_{\text{вн}} = 1,03$ . Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $n_{\text{расч}} = 31,5 \cdot 40 / (2054 \cdot 1,03) = 0,6$  для базового варианта технологического процесса;  $n_{\text{расч}} = 12,25 \cdot 40 / (2054 \cdot 1,03) = 0,2$  для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем  $n=1$ . Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем  $n=1$ . На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования  $K_3$  для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_3 = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $K_3 = 0,6/1 = 0,6$  для базового варианта технологического процесса и  $K_3 = 0,2/1 = 0,2$  для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования  $K_3$  для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

#### 4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов  $K_{ТЗ}$ , цены материалов  $C_M$  и нормы расходов материалов  $N_p$  по формуле:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $M = 976 + 8611 = 9587$  рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса средства, которые затрачиваются на материалы:  $M = 958 + 1240 + 1642 = 3840$  рублей.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени  $t_{шт}$ , часовой тарифной ставки  $C_ч$  и коэффициента доплат  $K_d$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_d = 1,88$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $Z_{осн} = 31,5 \cdot 150 \cdot 1,88 = 8883$  рублей для базового варианта технологического процесса и  $Z_{осн} = 12,25 \cdot 150 \cdot 1,88 = 3455$  рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы  $Z_{доп}$  рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы  $Z_{осн}$  и коэффициента доплат  $K_{доп}$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_{доп} = 12 \%$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину:  $Z_{\text{доп}} = 8883 \cdot 12 / 100 = 1066$  рублей для операций базового технологического процесса и  $Z_{\text{доп}} = 3455 \cdot 12 / 100 = 415$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$ . Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $\text{ФЗП} = 8883 + 1066 = 9949$  рублей для операций базового технологического процесса и  $\text{ФЗП} = 3455 + 415 = 3870$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды  $O_{\text{сн}}$  рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды  $K_{\text{сн}}$ , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным  $K_{\text{сн}} = 34 \%$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $O_{\text{сн}} = 9949 \cdot 34 / 100 = 3383$  рублей для операций базового технологического процесса и  $O_{\text{сн}} = 3870 \cdot 34 / 100 = 1316$  рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование  $Z_{\text{об}}$  определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений  $A_{\text{об}}$  и затрат на электрическую энергию  $P_3$ :

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

При вычислении амортизационных отчислений  $A_{\text{об}}$  следует учитывать норму амортизации  $H_a$ , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет  $H_a = 21,5 \%$ . Также в расчёт включено машинное время  $t_{\text{маш}}$ , которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования  $F_3$  и цена оборудования  $C_{\text{об}}$ .

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $A_{об.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 31,5 / 2054 / 100 = 824$  рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии:  $A_{об.} = 1200000 \cdot 21,5 \cdot 12,25 / 2054 / 100 = 5129$  рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования  $M_{уст}$ , КПД оборудования, машинного времени  $t_{маш}$  и стоимости электрической энергии для предприятий  $\Pi_{ээ}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $P_{ээ} = 31,5 \cdot 25 \cdot 3,2 / 0,7 = 3600$  рублей для базового варианта технологического процесса,  $P_{ээ} = 12,25 \cdot 40 \cdot 3,2 / 0,85 = 1844$  рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование:  $Z_{об} = 824 + 3600 = 3424$  рублей по базовому технологическому процессу и  $Z_{об} = 5129 + 1844 = 6973$  рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости  $C_{тех}$  определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы  $M$ , отчислений на социальные нужды  $O_{сн}$ , фонда заработной платы ФЗП и затрат на оборудование  $Z_{об}$ :

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об}. \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $C_{тех} = 9587 + 9949 + 1754 + 3424 = 24714$  рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса  $C_{тех} = 3840 + 3870 + 1316 + 6973 = 15999$  рублей.

Размер цеховой себестоимости  $C_{цех}$  определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости  $C_{тех}$ , коэффициента цеховых расходов  $K_{цех}$  и основной заработной платы  $Z_{осн}$ :



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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину:  $C_{\text{цех}}=24714 + 1,5 \cdot 8883 = 24714 + 13324 = 38038$  рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса  $C_{\text{цех}}= 15999 + 1,5 \cdot 3455 = 15999 + 5183 = 21182$  рублей.

Размер заводской себестоимости  $C_{\text{зав}}$  определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости  $C_{\text{цех}}$ , коэффициента заводских расходов и основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $C_{\text{зав}} = 38038 + 1,15 \cdot 8883 = 38038 + 10215 = 48253$  рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса  $C_{\text{зав}}= 21182 + 1,15 \cdot 3455 = 21182 + 3973 = 25155$  рублей.

В таблице 10 представлена калькуляция заводской стоимости.

Таблица 10 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	М	9587	3840
2. Фонд заработной платы	ФЗП	9949	3870
3. Отчисления на соц. нужды	ОСН	1754	1316
4. Затраты на оборудование	Зоб	3424	6973
6. Технологическая себестоимость	Стех	24714	15999
7. Цеховые расходы	Рцех	13324	5183
8. Цеховая себестоимость	Сцех	38038	21182
9. Заводские расходы	Рзав	10215	3973
10. Заводская себестоимость» [10]	Сзав	48253	25155

Данные, представленные в таблице 10, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии.

## 4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты  $K_{\text{общ. б.}}$  на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования  $K_p$  и остаточной стоимости оборудования  $\text{Ц}_{\text{об. б.}}$ .

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования  $\text{Ц}_{\text{перв.}}$ , срока службы оборудования  $T_{\text{сл}}$  и нормы амортизационных отчислений  $N_a$ :

$$\text{Ц}_{\text{об. б.}} = \text{Ц}_{\text{перв.}} - (\text{Ц}_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\text{Ц}_{\text{об. б.}} = 250000 - (250000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 142500$  рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \text{Ц}_{\text{об. б.}} \cdot K_{з. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 142500 \cdot 0,6 = 85500$  рублей.

Расчёт капитальных затрат  $K_{\text{общ. пр.}}$  при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади  $K_{\text{пл. пр.}}$ , сопутствующих затрат  $K_{\text{соп}}$  и капитальных 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 затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило  $K_{\text{ТЗ}}=1,05$ , цены оборудования  $\text{Ц}_{\text{об}}$  и коэффициента загрузки оборудования  $K_з$ :

$$K_{\text{об. пр.}} = \text{Ц}_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{ТЗ}} \cdot K_{з. пр.} \quad (20)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{об.пр.} = 1200000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 252000$  рублей.

Величина сопутствующих затрат  $K_{соп}$  рассчитывается с учётом расходов на демонтаж  $P_{дем}$  оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж  $P_{мон}$  оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования  $K_{дем} = 0,05$  рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{дем} = 250000 \cdot 0,05 = 12500$  рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования  $K_{мон} = 0,05$  рассчитываются как

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{монт} = 1200000 \cdot 0,05 = 60000$  рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт}. \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{соп} = 12500 + 60000 = 72500$  рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты  $K_{общ. пр.} = 252000 + 72500 = 324500$  рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений  $K_{доп}$  проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии  $K_{общ.пр}$  и капитальных затрат по базовой технологии  $K_{общ.б}$ :

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{доп}} = 324500 - 85500 = 239000$  рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы  $\Pi_{\Gamma}$ :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\Gamma} . \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $K_{\text{уд}} = 85500/40 = 2138$  рублей за единицу продукции по базовой технологии и  $K_{\text{уд}} = 324500/40 = 8113$  рублей за единицу продукции по проектной технологии.

#### 4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости  $\Delta t_{\text{шт}}$  рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta t_{\text{шт}} = (31,5 - 12,25) \cdot 100 \% / 31,5 = 61 \%$ .

Повышение производительности  $\Pi_{\Gamma}$  рассчитывается как

$$\Pi_{\Gamma} = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}) . \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Pi_{\Gamma} = 100 \cdot 61 / (100 - 61) = 156 \%$ .

Уменьшение технологической себестоимости  $\Delta C_{\text{тех}}$  рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta C_{\text{тех}} = (24714 - 15999) \cdot 100 \% / 24714 = 35 \%$ .

Размер условно-годовой экономии  $\Pi_{\text{ож}}$  рассчитывается как

$$\Pi_{\text{ож}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot \Pi_{\Gamma} . \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $P_{ож} = (48253 - 25155) \cdot 40 = 923920$  рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий  $T_{ок}$  составляет:

$$T_{ок} = K_{доп} / \Delta_{уг}. \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $T_{ок} = 239000 / 923920 = 0,3$  года.

Величина годового экономического эффекта  $\Delta_r$  рассчитывается как

$$\Delta_r = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп}. \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину  $\Delta_r = 923920 - 0,33 \cdot 239000 = 845050$  рублей.

Таким образом, с учётом особенностей выполнения операций технологического процесса по проектному варианту и базовому варианту был выполнен расчёт основных экономических показателей производства.

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака. На основании этого можно заключить, что в работе удалось достигнуть одновременного повышения производительности и качества сварочных работ.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 156 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 35 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,845 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

## Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при сварке металлических конструкций типа резервуаров.

Базовая технология сборки и сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки. Следует отметить значительное количество недостатков, которые присущи ручной дуговой сварке и заставляют повсеместно заменять её другими, более перспективными способами. Первым недостатком является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов. Вторым недостатком является вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги. Третьим недостатком следует указать увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки. Четвёртым недостатком является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить автоматическую сварку под флюсом.

В технологическом процессе можно выделить пять операций. Первая операция – входной контроль. Для её выполнения применяется набор измерительного инструмента. Вторая операция – подготовительная. При её выполнении применяется крокострогательный станок, гильотинные ножницы, установка плазменной резки, гибочные валки. Третья операция – сборка с прихваткой. Для её выполнения применяется универсальное сборочное приспособление, сварочный выпрямитель. Четвёртая операция – сварка. Для её выполнения применяется роликовый стенд, набор

оборудования для автоматической сварки под флюсом. Пятая операция – контроль качества с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 156 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 35 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 0,845 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,3 года.

Значительное повышение производительности труда достигается не только за счёт применения прогрессивного оборудования, но и за счёт повышения стабильности качества выпускаемой продукции. Это позволяет уменьшить трудовые и финансовые затраты на обнаружение и исправление брака. На основании этого можно заключить, что в работе удалось достигнуть одновременного повышения производительности и качества сварочных работ.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, на которых происходит сборка и сварка металлических резервуаров.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977
2. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
3. Волченко В. Н. Контроль качества сварных соединений. М : Машиностроение. 1986. 172 с.
4. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
5. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
6. Еремин Е. Н., Кац В. С., Бородихин С. А. Оборудование для дуговой сварки под слоем флюса. Омск : ОмГТУ, 2018. 121 с.
7. Ильященко Д. П. Исследование химического состава и микроструктуры сварных соединений из стали 12Х18Н10Т, выполненных по различным технологическим схемам // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 2. С. 73-76
8. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
9. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы: технический научно-производственный журнал. 2016. № 6. С. 18–23.
10. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
11. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.



12. Мазур А.А., Маковецкая О.К., Пустовойт С.В., Петрук В.С. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45–51.
13. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.
14. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
15. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.
16. 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.
17. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. Ред. Н. П. Алёшина, Г. Г. Чернышова – М.: Машиностроение, 2004. Т.2 / Н. П. Алёшин [и др.] – 480 с.
18. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.
19. Сорокин В. Г.Э Волосникова А. В., Вяткин С. А. Марочник сталей и сплавов. М. : Машиностроение, 1989. 640 с.
20. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.