

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 кафедры)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Оборудование и технология сварочного производства

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология сварки корпуса уровнемера типа ВМ-26

Студент

М.И. Атюшов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Г.М. Короткова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

П.А. Корчагин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

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

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

(личная подпись)

«    »      20     г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

Для успешного производства уровнемера типа ВМ-26 и обеспечения высоких конкурентных преимуществ требуется на предприятии поддержание высокого уровня технологий.

Корпус уровнемера ВМ-26 выполнен из аустенитной нержавеющей стали. Базовый технологический процесс производства таких корпусов предусматривает ручную дуговую сварку в среде аргона неплавящимся электродом с применением присадочной проволоки. Свариваются кольцевые швы. Манипуляции горелкой осуществляются вручную, что сказывается на качестве и производительности, поэтому в работе предлагается использовать технологический процесс сборки и орбитальной сварки. Для этого выбрано оборудование и скомпоновано на производственном участке, для которого разработаны мероприятия по технике безопасности.

Работа состоит из пояснительной записки, в которой 60 стр., 14 рисунков, 13 таблиц, 6 чертежей формата А1.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации .....	6
1.2. Свойства материала корпуса уровнемера.....	10
1.3 Базовый технологический процесс сварки.....	14
1.4. Анализ возможных вариантов сварки.....	17
1.5 Задачи работы.....	22
2 Разработка технологического процесса автоматической сварки.....	23
2.1 Выбор неплавящихся электродов.....	23
2.2 Технологический процесс орбитальной сварки.....	29
3 Характеристики установки для орбитальной сварки.....	31
4 Безопасность и экологичность технического объекта .....	35
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика объекта .....	35
4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков .....	36
4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.....	37
4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	39
4.6 Заключение по разделу .....	40
5 Экономическая эффективность проекта.....	41
5.1 Исходные данные для экономического обоснования .....	41
сравниваемых вариантов .....	41
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	43
5.3 Расчет затрат на новое оборудование .....	44
5.4 Расчет технологической себестоимости.....	47
5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	55
5.6 Выводы по разделу.....	56

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	57
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	58

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предприятие KROHNE является мировым лидером в производстве различной измерительной аппаратуры для промышленных целей. Расходомеры, уровнемеры, ротаметры, причем, основанные на самых разнообразных физических принципах работы успешно выпускаются, в том числе, и в Самарской области, предприятием КРОНЕ-автоматика.

Однако для успешного производства перечисленных и многих других средств измерения и контроля и обеспечения для них высоких конкурентных преимуществ требуется поддержание на высоком уровне технологий на предприятии.

Например, уровнемер ВМ-26. Его корпус выполнен из аустенитной нержавеющей стали. Базовый технологический процесс производства таких корпусов предусматривает дуговую сварку в среде аргона неплавящимся электродом с применением присадочной проволоки. Свариваются кольцевые швы, манипуляции горелкой осуществляются вручную, что сказывается на качестве и производительности.

Отсюда формулируем цель настоящей работы – повышение производительности при сварке корпуса уровнемера ВМ-26.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Общий вид уровнемера представлен на рисунке 1.



Рисунок 1.1 – Общий вид уровнемера

Уровнемер представляет из себя прибор, применяемый для того, чтобы определить уровень жидкости в различного рода резервуарах, емкостях.

Если рассмотреть классификацию уровнемеров по принципу действия, то она такова:

механические;

гидростатические;  
электрические;  
акустические;  
радиоактивные.

Кроме того, уровнемеры подразделяются на обеспечивающие постоянное измерение – уровнемеры указатели, и на уровнемеры обеспечивающие сигнализацию предельных значений уровня – дискретные приборы.

Современные уровнемеры обеспечивают сбор информации о уровне жидкости, ее анализ, и выдачу управляющего воздействия. Задействованное в процессе сбора оборудование расположено непосредственно на корпусе уровнемера и включает в себя различные электронные компоненты, в том числе и платы печатного монтажа. Анализ информации о состоянии технологического оборудования, в котором уровень жидкости определяется уровнемерами, в настоящее время все больше перекладывается на компьютеры. Внедряются автоматизированные системы управления, основанные на сложных компьютерных моделях.

Важным узлом уровнемера является его корпус. Основу корпуса составляет труба диаметром 73 мм с толщиной стенки 3 мм, рисунок 1.1. В трубе выполнены два отверстия, диаметр которых зависит от исполнения. К данным отверстиям привариваются присоединительные фланцы через переходники. Общий вид присоединительного фланца показан на рисунке 1.2. К фланцу приваривается патрубок, рисунок 1.3. Толщина стенки патрубка составляет 5 мм. Сварной шов патрубка и трубы корпуса уровнемера выполняется вручную и автоматизация его сварки представляется сложной. Однако кольцевой шов между патрубком и фланцем можно выполнять автоматическими способами, поэтому в дальнейшем рассмотрим его автоматизацию. Результатом выполнения такого шва является сварной узел, показанный на рисунке 1.5.

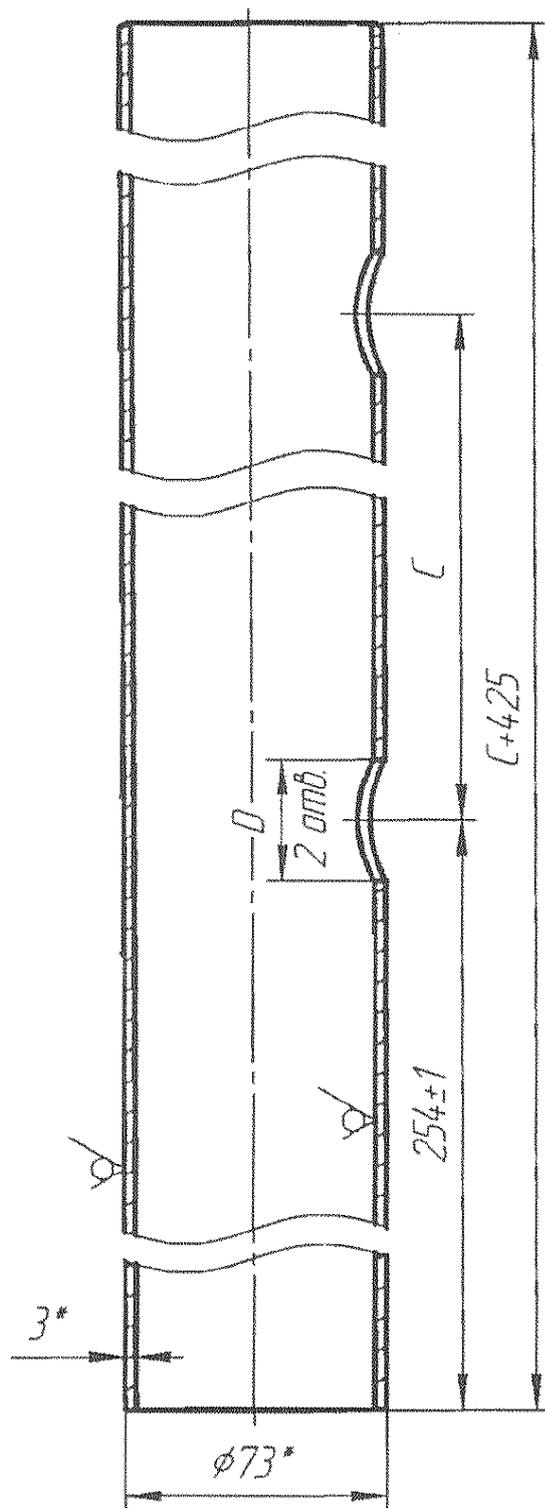


Рисунок 1.2 – Труба корпуса уровнемера

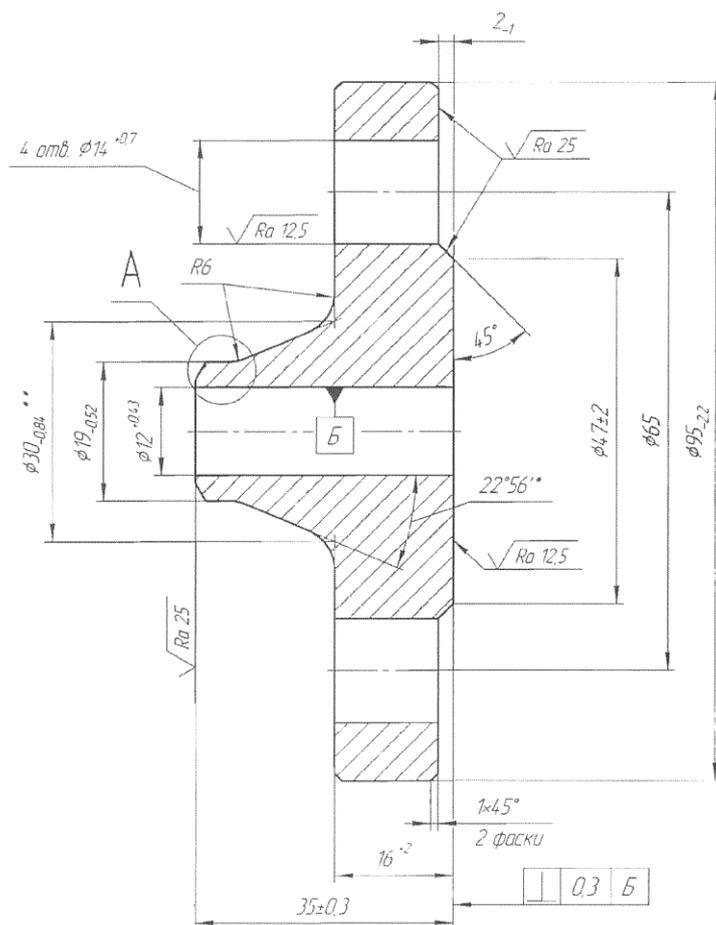


Рисунок 1.3 – Фланец корпуса уровнера

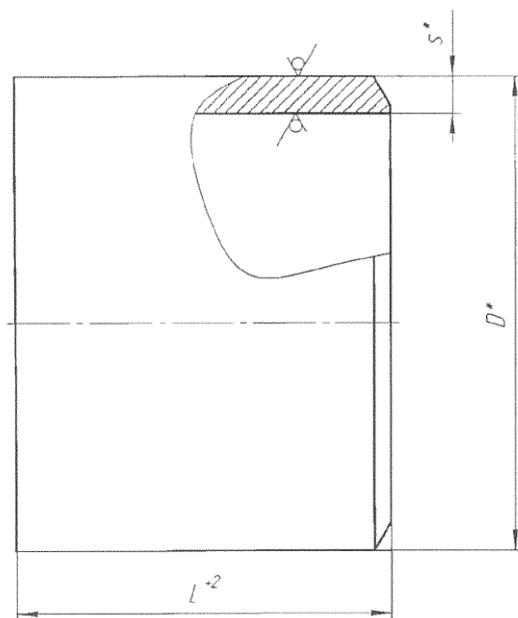


Рисунок 1.4 – Патрубок

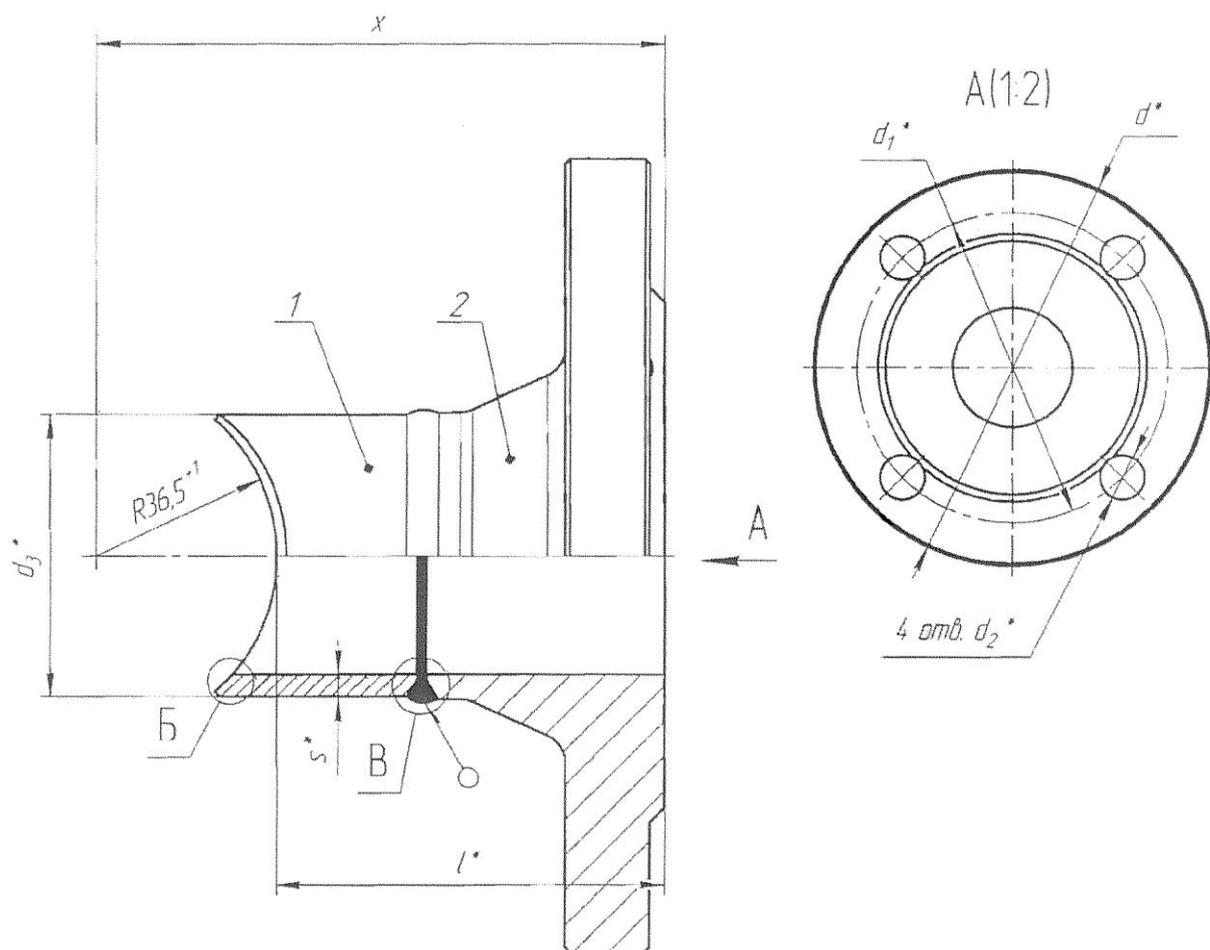


Рисунок 1.5 – Сварной узел

## 1.2. Свойства материала корпуса уровнемера

При изготовлении корпуса уровнемера ВМ-26 используется нержавеющая сталь марки 12Х19Н9Т или марки 12Х18Н10Т. И та и другая сталь аустенитного класса и является наиболее распространенной из числа нержавеющих и жаропрочных сталей. Сталь предназначена к применению в котло- и трубостроении. Сталь не склонна к межкристаллической коррозии как в нормализованном, так и в стабилизированном состоянии. Сталь может упрочняться путем наклепа в холодном состоянии. В зависимости от степени наклепа, предел текучести может быть значительно повышен.

Нержавеющая сталь аустенитного класса марки 12Х18Н10Т широко используется при изготовлении различных сварных конструкций, которые в процессе эксплуатации подвергаются воздействию переменных нагрузок. К ним относятся крыльевые устройства судов на подводных крыльях, ролики

нагревательных печей металлургических предприятий, сварные узлы изделий химического и энергетического машиностроения [3].

Химический состав стали 12X19H9T приведен в таблице 1.1, стали 12X18H10T приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 12X19H9T

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %
0,12	≤ 0,8	≤ 2,0	17...20	8...11	≤ 1	≤ 0,03	≤ 0,035

Таблица 1.2 – Химический состав стали 12X18H10T

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %
0,09	≤ 0,71	≤ 1,52	18,4	10,2	0,76	≤ 0,008	≤ 0,018

Для обоснованного выбора способа сварки, присадочных материалов и режимов сварки изделия необходима предварительная оценка свариваемости сталей 12X19H9T и 12X18H10T. Методикам оценки свариваемости посвящены как отечественные, ГОСТ 29273–92, так и зарубежные, ИСО 581–80, стандарты.

Следует отметить, что принципиальный подход в оценке свариваемости совпадает и в отечественных и зарубежных стандартах. Его основу составляет комплексность в подходе, а именно, свариваемость зависит от множества факторов. Выделяют следующие четыре фактора, от которых зависит свариваемость. Первый фактор – это материал, его химический состав и, соответственно, свойства. Второй фактор – технология сварки. К третьему фактору относят тип сварной конструкции. И четвертый фактор – функциональное назначение конструкции.

Таким образом, заданный материал обладает свариваемостью, если при данном технологическом процессе сварки конструкции удастся получить соединение, которое отвечает техническим требованиям, предъявляемым к данному изделию.

Технические требования на данное изделие сформулированы в документации на его производство. Понятное дело, что разные сварные металлоконструкции эксплуатируются в разных условиях и требования к ним разные. Если из всего перечня эксплуатационных показателей, предъявляемых к сварной конструкции хотя бы один не достигается, при данном способе сварки, то материал не обладает свариваемостью. Однако применив другой способ сварки можно обеспечить достижение заданных значений всех эксплуатационных показателей, следовательно, при данном способе сварки материал будет обладать свариваемостью.

Поэтому анализируя свариваемость, исходя из указанных ранее факторов оценки, можно получить разные значения свариваемости.

Материал, соединенный одним способом сварки для изделия в одних условиях эксплуатации может быть признан обладающим свариваемостью, а для других условий эксплуатации может быть признан не обладающим свариваемостью.

Материал, соединение которого одним способом сварки получить не удается, другим способом успешно соединяется.

Конструкция сварного соединения и его местоположение на металлоконструкции может быть таким, что соединение, отвечающее заданным условиям эксплуатации получено не может быть. В то же время, другой тип соединения, выполненный тем же способом сварки обеспечит получение соединения, отвечающего заданным условиям эксплуатации. Следовательно, материал свариваемостью обладает.

Для количественной оценки свариваемости производят вычисления по формулам, главным в которых является учет содержания химических элементов. Например, при расчете по соответствующей формуле свариваемости низкоуглеродистой низколегированной стали принимают во внимание содержание в стали таких химических элементов, как С, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P. В зависимости от содержания перечисленных элементов выполняется расчет углеродного эквивалента. Формула, по

которой можно рассчитать эквивалент углерода для таких сталей выглядит следующим образом [8]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

После того, как определено численное значение эквивалента углерода начинается анализ его значений. Если полученные значения эквивалента углерода не превышают 0,25 данная сталь, а речь идет о низкоуглеродистой низколегированной стали, считается хорошо сваривающейся. Если значение эквивалента углерода превышает 0,25 но менее 0,35 то сталь считается удовлетворительно сваривающейся. Такие стали мало склонны к образованию холодных трещин, в ряде случаев требуется предварительный подогрев изделия. При значениях эквивалента углерода превышающих 0,35 но менее 0,45 то сталь считается ограниченно сваривающейся. В данной стали возможно образование закалочных структур, могут появляться холодные трещины. Поэтому применяют специальные технологические приемы.

Определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [6]:

$$\text{HCC} = \frac{C \left( S + P + \frac{\text{Si}}{25} + \frac{\text{Ni}}{100} \right) 10^3}{3\text{Mn} + \text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}},$$

Аналогично первой формуле после выполненных расчетов проводят оценку появления горячих трещин по величине показателя и по величине предела прочности.

Конечно, приведенные формулы не учитывают всего многообразия действующих на конструкцию факторов и всех нюансов технологического процесса сварки. Поэтому, в ряде случаев, для более точного ответа на вопрос о свариваемости того или иного материала руководствуются результатами сварки т.н. технологических проб. В мировой практике сварщиков можно насчитать около 300 разных технологических проб. В

основном пробы позволяют оценить свариваемость по образованию холодных или горячих трещин.

### **1.3 Базовый технологический процесс сварки**

Первая операция базового технологического процесса – входной контроль включает в себя следующее:

- проверку сопроводительных документов на трубы, прутки, сварочные материалы;
- проверку качества сварочных материалов;
- проверку сварочного и иного применяемого оборудования, контрольно-измерительных приборов и мерительного инструмента;
- проверку удостоверений и сертификатов у производственного персонала.

Непосредственно перед использованием на сварочном участке контролируют визуально состояние поверхности присадочной проволоки, осмотр баллонов с защитным газом.

Сборку фланца и патрубка выполняют на столе сварщика и прихватывают – 2 прихватки длиной 5 мм каждая в диаметрально-противоположных местах. Для сварки применяют сварочную проволоку Св-06Х19Н9Т.

Затем закрепляют фланец в манипуляторе сварочном TRK 35. Это настольный вращатель для ручной сварки цилиндрических деталей. Грузоподъемность манипулятора составляет 35 кг при горизонтальном положении планшайбы. Вращение планшайбы осуществляется мотор-редуктором постоянного тока с электронным управлением и обратной связью для контроля скорости вращения, регулируемой потенциометром. Наклон планшайбы от 0° до 90° осуществляется вручную, ступенчато, с фиксацией в требуемом положении. Для закрепления зажимных приспособлений планшайба имеет пазы с шагом 90° и центральное отверстие. Для включения – выключения вращения применяется ножная педаль старт/стоп.

Ток применяют постоянный, прямой полярности. Защитный газ: (EN 439) M12, M13, Ar + 2, 5 % CO<sub>2</sub>, M21 Ar + 2 5 % CO<sub>2</sub>. Прихватка выполняется по режиму - постоянный ток прямой полярности, ток I<sub>св</sub>=120-150 А, напряжение U<sub>д</sub>=20-25 В, скорость сварки V<sub>св</sub>= 10-15 м/час, расход защитного газа Q<sub>зг</sub> = 8-10 л/мин.

Сварка ведется по режиму - постоянный ток прямой полярности, сила тока I<sub>св</sub>=190-210 А, напряжение U<sub>д</sub>=20-25 В, скорость сварки V<sub>св</sub>= 10-15 м/час, расход аргона Q<sub>зг</sub> = 10-12 л/мин..

По окончании сварки стыка производится контроль. Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4-7-кратного увеличения для участков, требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов, с применением, при необходимости, переносного источника света. Контролируют 100% сварных швов.

По внешнему виду швы должны удовлетворять следующим требованиям:

- форма и размеры должны соответствовать С17 ГОСТ 16037;
- поверхность швов должна быть гладкой или равномерно-чешуйчатая;
- переход от наплавленного металла к основному должен быть гладким;
- швы не должны иметь недопустимых дефектов.

В сварных соединениях не должно быть следующих наружных дефектов: трещины всех видов и направлений, свищи и пористость наружной поверхности шва, подрезы, наплывы, прожоги и незаплавленные кратеры, грубая чешуйчатость поверхности шва, наружные поры и цепочки пор, подрезы основного металла.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

С учетом ответственности уровнемеров применяется еще и радиографический контроль, 20% от всех сваренных швов фланца и

патрубка. Малый диаметр изделия не позволяет применить ультразвуковой метод контроля.

Радиографическую дефектоскопию производят согласно требованиям ГОСТ 7512—82. При радиационном методе контроля изображение контролируемого объекта формируется посредством рентгеновского, гамма- или тормозного излучений на радиографической пленке, фосфорной пластине или в памяти компьютера, если применяется устройство радиометрического контроля, непосредственно формирующее цифровое изображение.

Традиционно расшифровку радиационных изображений выполняют вручную с применением компьютера или без него. Если носителем информации является радиографическая пленка, то расшифровку выполняют с использованием негатоскопа, денситометра и измерительных инструментов (вариант без компьютера). Если изображение оцифровано, то расшифровка выполняется на компьютере в программе, которая выводит изображение на экран монитора и предоставляет дефектоскописту необходимый набор ручных операций обработки этого изображения. Оба способа обработки радиационных изображений весьма трудоемки и субъективны. Кроме того, существенным недостатком расшифровки без применения компьютера является нерешенность проблемы долгосрочного хранения радиографических пленок. В настоящее время хранение любой информации, представленной в цифровой форме, включая цифровые изображения, обеспечивается достаточно легко. Для этого создают электронную базу данных, доступ к которой реализуется с помощью одной из современных систем управления базами данных.

Зафиксированные на радиографических снимках включения и скопления с максимальным размером менее значений минимально фиксируемого размера включения, указанного в данных нормативных документах, или менее требуемой чувствительности, допускается не учитывать как при подсчете числа одиночных включений и одиночных

скоплений и их суммарной приведенной площади или суммарной длины, так и при рассмотрении расстояний между включениями (скоплениями).

Применяем рентгеновский аппарат Арина-7. Он снабжен источником автономного питания СПРУТ-ИПА 24.18 Кроме того, применяется расходный материал – рентгеновская пленка.

К недостаткам базовой технологии следует отнести использование ручной дуговой сварки проволокой сплошного сечения.

Рассмотрим возможные варианты исправления существующих недостатков базовой технологии, таблица 1.6.

#### **1.4 Анализ возможных вариантов сварки**

При выполнении анализа состояния вопроса были рассмотрены операции типового технологического процесса сварки фланца и патрубка уровнемера с использованием ручной дуговой сварки проволокой сплошного сечения, выявлены и обозначены возникающие в процессе его реализации недостатки.

На основании проведённого анализа выполним поиск вариантов, обеспечивающих устранение выявленных недостатков. Поиск будем выполнять по научной литературе, касающейся сварки.

Для начала рассмотрим варианты орбитальной сварки. В последние годы при строительстве магистральных нефтепроводов и газопроводов все более широкое применение находят технологии автоматической сварки. В нашем случае выполняется кольцевой шов, значит, такие установки могут подойти. При создании таких установок применяется блочно-модульный принцип построения. Конструктивно технологический модуль объединяет механизм подачи электродной проволоки, систему подачи газа, сварочную горелку или мундштук и кассету для сварочной проволоки. Кроме того, модуль может представлять собой ряд специальных головок, например для сварки в узкий зазор, а также ряд вспомогательных головок, например, для зачистки поверхности разделки или плазменной резки.

Модуль перемещений обеспечивает перемещение технологического модуля либо изделия относительно горелки в процессе сварки.

Модуль систем управления обеспечивает работу функциональных механизмов, а модуль адаптации – положение горелки и цикл сварки.

Таким образом, учитывая стационарный характер сварки фланца и патрубка можно исключить ненужные модули.

Автоматическая сварка магистральных трубопроводов большого диаметра из сталей перлитного класса как в нашей стране, так и за рубежом, хорошо освоена. Для этой цели используют сварку плавящимся электродом, а также выпускают необходимое сварочное оборудование [5]. Однако это оборудование в реальных условиях тесных производственных участков и малого диаметра свариваемых труб, наш случай, не может быть применено.

В настоящее время для монтажной сварки труб малого диаметров могут быть применены автоматы для орбитальной сварки неплавящимся электродом со сварочными головками «скоба». В отличие от установок для сварки плавящимся электродом, эти установки более компактны, что обеспечивает их широкое применение при монтаже и ремонте плотных трубных пучков и многократно пересекающихся технологических трубопроводов. Подобные установки в настоящее время применяют в основном для реализации технологических процессов сварки сталей аустенитного класса, например в атомной промышленности.

Однако анализ технических характеристик таких установок показывает, что диаметр свариваемых труб находится, как правило, в узких пределах. Например установки С5906П, С5907М, С5906М4.

Установка С5906П предназначена для сварки трубопроводов диаметром 20-76 мм. Однако минимальный свариваемый диаметр у нас 18 мм. А установка С5901 при минимальном диаметре 10 мм максимальный диаметр обеспечивает только 42 мм, у нас максимальный диаметр 57 мм.

Однако установка OW 76S позволяет выполнять сварку диапазона свариваемых труб 7-77 мм. Что перекрывает всю нашу номенклатуру. Установки серии OW показаны на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Установки серии OW

Еще одним из преимуществ установок серии OW является очень узкая конструкция, что является принципиальным для небольших габаритов нашего свариваемого изделия.

Одним из рациональных путей повышения производительности сварки плавящимся электродом является сварка по узкому зазору с использованием специальной зауженной разделки свариваемых кромок стыков труб, угол наклона кромок которой не превышает  $12^\circ$ . Данная разделка кромок для труб с толщиной стенки 21,6 мм показана на рис. 1.6.

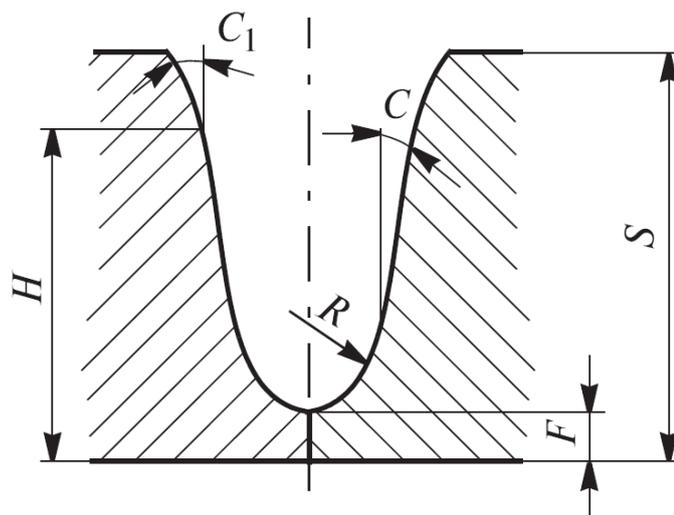


Рисунок 1.7 – Зауженная разделка

Геометрические параметры зауженной разделки кромок и сборки соединений труб под сварку ( $C$ ,  $C_1$  равно  $10$  и  $12^\circ$  соответственно;  $F = 2 \pm 0,2$  мм;  $R = 3,2$  мм;  $H = 14,5$  мм;  $S = 21,6$  мм).

Уменьшение ширины сечения стыка позволяет в 2—3 раза снизить время сварки, объем наплавляемого металла, а также сварочные деформации и перегрев основного металла, что особенно заметно при увеличении толщины стенки свариваемых труб. Переточку заводских кромок труб выполняют на специальных станках подготовки кромок [4], обеспечивающих получение на торце трубы кромки сложной геометрии, необходимой для автоматической орбитальной сварки по узкому зазору. Из заводской кромки трубы с разделкой  $30^\circ$  станок делает кромку по профилю, образующему зауженную разделку, которую в соответствии с нормативной документацией ОАО «Газпром» в большинстве случаев заваривают методом «от кромки до кромки», т. е. один слой за один проход (рис. 1.7).

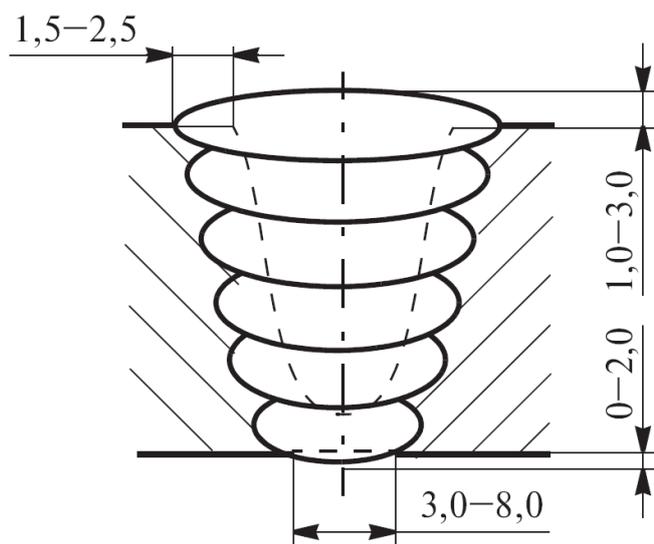


Рисунок 1.8 - Геометрия сварного шва, сваренного в зауженную разделку.

Если при первичной подготовке торцев труб использовали разделительную газовую, воздушно\_дуговую или плазменную резку, то (с учетом требований СТО Газпром 2\_2.2\_136) при последующей механической обработке окисленные слои основного металла гарантированно удаляли на глубину не менее 0,5—1,0 мм — для исключения неметаллических включений, оксидов и роста зерна в околошовной зоне при сварке.

Так как формирование корня шва во многом определяет качество всего сварного соединения [5], то именно сварке корня шва уделяется исключительное внимание. Традиционно сварку корня шва при односторонней автоматической орбитальной сварке плавящимся электродом выполняют либо на медном подкладном кольце [6], либо без него на весу по открытому зазору с использованием специальных технологических приемов [7].

При сварке на подкладном кольце корневой проход выполняют в  $\text{CO}_2$  на специальном центраторе с медными «жимками», создающими при сборке стыка непрерывное подкладное кольцо.

По сравнению с другими видами автоматической орбитальной сварки, сварка по узкому зазору в зауженную разделку на медном подкладном кольце сплошной проволокой имеет значительное преимущество в скорости.

## 1.5 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке корпуса уровнемера ВМ-26.

При выполнении анализа состояния вопроса были рассмотрены операции типового технологического процесса сварки корпуса уровнемера с использованием ручной дуговой сварки проволокой сплошного сечения, выявлены и обозначены возникающие в процессе его реализации недостатки.

На основании проведённого анализа сформулируем задачи выпускной квалификационной работы, последовательное выполнение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) Разработать технологический процесс сборки и орбитальной сварки;
- 2) Скомпоновать оборудование на производственном участке;
- 3) Разработать мероприятия по технике безопасности;
- 4) Экономически обосновать проект.

.

## **2 Разработка технологического процесса автоматической сварки.**

### **2.1 Выбор неплавящихся электродов.**

. Одна из особенностей сварки на установке орбитальной сварки OW 76S заключается в том, что дуга горит между неплавящимся электродом а присадочная проволока подается в зону горения дуги.

Материалом для изготовления большей части неплавящихся электродов, применяемых при дуговой сварке, служит вольфрам. Вольфрамовые электроды (ВЭ) отличаются незначительным расходом и стабильной дугой, что объясняется самой высокой температурой плавления (3380 °С) и самым низким температурным расширением ( $4,32 \cdot 10^{-6}$  м/мК) среди чистых металлов, а также хорошей электрической проводимостью (5,5 мкОм·см) и высокой прочностью (800–1000 МПа) [1].

Кроме «чистого» ВЭ, изготовленного из собственно вольфрама с минимальным объемом примесей, нашли широкое применение легированные вольфрамовые электроды, обеспечивающие получения специфических сварочно-технологических свойств. Соответственно, выбор химической композиции вольфрамового электрода определяется стоящими задачами и параметрами [1, 2, 3, 4]. Прежде всего, принимается во внимание свариваемый металл, который во многом определяет тип применяемого тока. Далее, учитывается толщина свариваемых заготовок, задающая необходимый диапазон тока. Кроме того, при выборе композиции вольфрамового электрода принимается во внимание требования к качеству сварной конструкции и допустимая дефектность. Важным параметром также являются стойкость электрода, в частности, способность сохранять геометрию рабочего торца и расход электрода [5, 6, 7].

В качестве присадок к вольфрамовой матрице широко применяются оксиды редкоземельных элементов. Как правило, это церий, лантан, торий,

цирконий, иттрий или их смеси; хотя, возможно применение оксидов и иных элементов или их смесей, например магния [7], рения или гафния [8, 9, 4].

Состав присадок и их процентное содержание определяют марку электрода, которая, за исключением чистого вольфрама, состоит из буквенной и цифровой частей: первая определяет состав присадки, вторая — составляющую в вольфраме, выраженную в сотых или тысячных долях. Обычно процентное содержание оксидов находится для различных марок в диапазоне от 0,8 до 4,2%. Для визуального восприятия каждой марки соответствует индивидуальная цветовая маркировка.

Классификация, обозначение и маркировка ВЭ определяется несколькими стандартами: ISO 6848-2004 «Дуговая сварка и резка. Электроды нерасходуемые вольфрамовые. Классификация», ГОСТ 23949-80 «Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия», AWS A5.12 «Технические условия для вольфрамовых электродов и электродов, легированных оксидами, применяемых для дуговой сварки и резки».

Классификации в различных стандартах соответствуют друг другу не полностью: одинаковые по составу электроды имеют разную цветовую маркировку, некоторые марки в ряде стандартов отсутствуют. Кроме того, ряд марок ВЭ, в основном гибридов: TRI MIX© [10], WX© [11], E3© [12], WR2© [13], WX4© [14], WS2© и WS© [13, 15], а также рений содержащих WRe© [13] — не вошли в действующие стандарты и условно могут относиться только к марке EWG.

Электроды из чистого вольфрама, без добавления оксидов редкоземельных металлов, являются общедоступным бюджетным вариантом, обеспечивающим удовлетворительную устойчивость дуги при сварке на переменном токе, как в атмосфере аргона, так и гелия. Однако, стойкость данного электрода уступает другим маркам вследствие ограниченной тепловой нагрузки. Поджиг дуги удовлетворительный, и хорошо производится только на повышенных токах [7].

Таким образом, предпочтительной областью применения вольфрамовых электродов без легирующих элементов является сварка неотчетственных сварных конструкций, с короткими сварными швами из сплавов алюминия, магния и алюминиевой бронзы на переменном токе с непрерывной высокочастотной стабилизацией [1, 6].

Легирувание вольфрама оксидом иттрия повышает стабильность катодного пятна на конце электрода, вследствие чего улучшается устойчивость дуги в широком диапазоне рабочих токов. Иттрированный электрод, наряду с цирконированным, один из самых стойких и имеет достоинства сходные с церированным, однако имеет больший диапазон рабочих токов [4, 6, 14]. Кроме того, сварочная дуга электрода, легируванного оксидом иттрия получается наиболее узкой, в результате обеспечивается значительная глубина провара, особенно на средних и высоких токах [1, 9, 14]. Данный вольфрамовый электрод применяется для сварки особо ответственных конструкций на постоянном токе с нормируемой глубиной проплавления и с минимальными послесварочными деформациями [1, 9].

Таким образом, иттрированный электрод является одним из наиболее стойких из используемых сегодня и применяется для сварки на постоянном токе особо ответственных соединений из сталей, меди, тугоплавких металлов с нормируемой глубиной проплавления.

Работа выхода церия составляет 2,6 эВ, в то время как у вольфрама 4,4 эВ. Таким образом, добавление в состав электрода оксида церия улучшает эмиссию электрода, что увеличивает в сравнении с электродами других марок устойчивость дуги даже при малых значениях тока, а также улучшает характеристики поджига дуги [1, 7, 9, 14]. Также данные электроды имеют хороший уровень стойкости и это позволяет применять электроды с добавлением оксида церия для сварки алюминиевых и магниевых сплавов.

Также, церированные электроды хорошо показали себя при проведении сварки на постоянном токе, и поэтому, их следует рассматривать в качестве универсальных.

Церированные электроды сходны по своим характеристикам с торированными, лантанированными и иттрированными при сварке на постоянном токе. Недостатком церированных электродов является то, что при высоких значениях тока происходит миграция оксида церия с последующим увеличением его концентрации в раскаленном конце. Поэтому, применение электродов с добавкой оксида церия ограничено малыми токами и подходит для сварки тонкостенных деталей и коротких сварных швов [5, 6, 15].

Учитывая вышеприведенные данные, можно заключить, что церированный электрод является универсальным и рекомендуется для применения при коротких сварочных циклах на постоянном токе малой силы для сталей, меди, никеля, тугоплавких металлов и их сплавов.

Торированные электроды имеют сходные с церированными, лантанированными и иттрированными электродами характеристики, выдерживают значительные тепловые нагрузки, хорошо сохраняя исходную геометрию рабочего торца, что особенно важно для сварки тонкостенных ответственных деталей. Соответственно, данный вольфрамовый электрод имеет низкий расход и хорошую стабильность горения дуги, в том числе на повышенных токах [5, 14]. Кроме того, торированные ВЭ имеют отличный поджиг [7].

Недостатком торированных электродов считается их радиоактивность, которая, хотя и незначительна, представляет опасность при вдыхании продуктов сгорания, а также абразивных отходов при разрезке и заточке рабочего торца. Поэтому, работать с этим видом электродов следует в хорошо вентилируемом помещении с использованием дополнительных средств защиты [1, 5, 6, 9].

Вольфрамовые электроды с добавлением оксида лантана обеспечивает похжие с легированными оксидом церия, а также оксидом тория преимущества перед электродом из «чистого» вольфрама: очень легкий первоначальный запуск и отличную характеристику повторного зажигания, а также хорошую устойчивость дуги как при сварке на переменном, так и на постоянном токах [1, 7]. Хорошие сварочно-технологические свойства лантанированного электрода объясняются хорошей эмиссией. Сравнение работы выхода различных электродов приведено на рис. 2.1. Очевидно, что лантанированные электроды, превосходят, в том числе, и церированные в обеспечении поджига и устойчивости сварочной дуги.

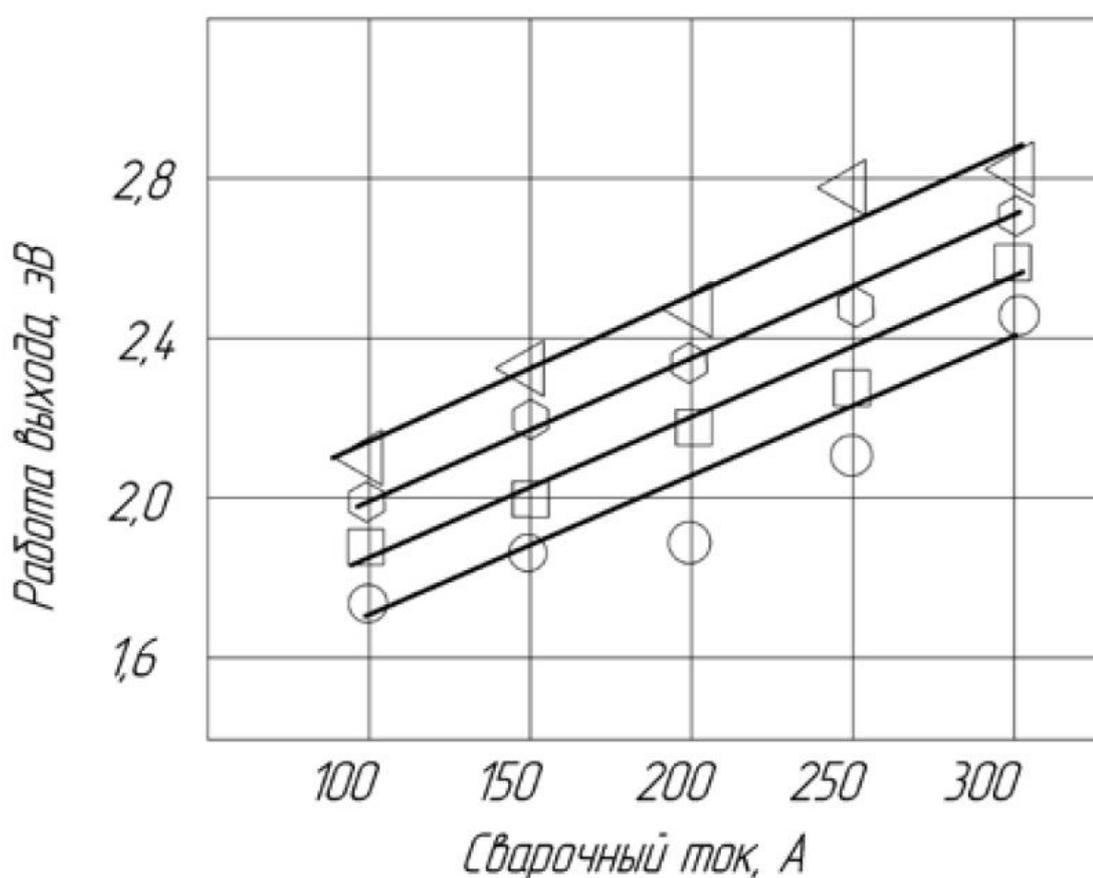


Рисунок 2.1 - Сравнение работы выхода ВЭ с различными легирующими элементами [7]: круги — лантанированные; квадраты — церированные; шестиугольники — иттрированные; треугольники — торированные

Однако, в отличие от церированного вольфрамового электрода, лантанированный, кроме низких и средних, также работает и на больших

токах [1, 11], а также требует на 10–15% меньшую силу тока для обеспечения поджига дуги [10] и не имеет радиоактивности [1, 6, 11] по сравнению с торированным. В тоже время, лантанированный вольфрамовый электрод хорошо зарекомендовал при импульсной сварке [10]. Также стойкость лантанированного вольфрамового электрода, превосходит торированные и церированные [6, 17].

Помимо монолегирования, в последнее время получают распространения марки вольфрамовых электродов, с добавлением смесей нескольких оксидов, как правило, не радиоактивных, в результате чего достигаются преимущества каждого из компонентов [1, 6, 9]. В качестве одного из оксидов композиции часто применяют иттрий, лантан, церий [1, 6].

Комбинированные электроды марок WS2©, WS©, производства фирмы «Wolfram Industrie», имеют повышенную долговечность и лучший поджиг после длительного использования по сравнению с электродами марок WL и WT. На рис. 2.2 приведены изменение геометрии рабочего торца, заточенного под конус, для комбинированного WS2©, лантанированного и торированного электродов после 60 циклов сварки продолжительностью 1 минута каждый. Легко заметить, что геометрия гибрида обладает большей стабильностью.

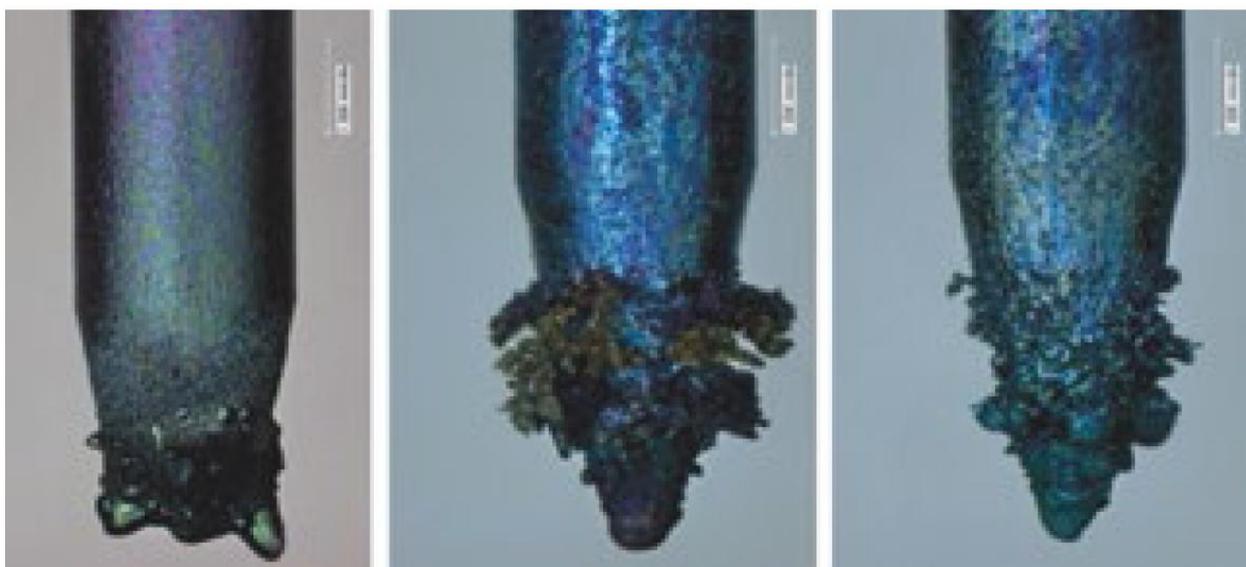


Рисунок 2.2 - Эрозия торированного (слева), лантанированного (центр) и комбинированного (справа) вольфрамового электрода [7]

Исходя из результатов проведенного анализа выбираем лантанированные электроды.

## **2.2 Технологический процесс орбитальной сварки**

Операции входного контроля переносятся из базовой технологии без принципиальных изменений.

Настроенную установку, с подключенным защитным газом – смесь – устанавливают на стык. Предварительно на стык устанавливают зажимные вставки. Устанавливают установку, контролируют соосность электрода, присадочной проволоки и стыка. Фиксируют установку. Последовательно на пульте нажимают кнопку пуска защитной газовой смеси, через 5 секунд нажимают кнопку старт. Выполняется автоматический поджиг дуги, автоматическая сварка, режимы, установленные при настройке как и в базовой технологии.

По завершении кольцевого стыка установка автоматически понижает силу сварочного тока, обеспечивая заварку кратера, гаснет дуга, через 10-20 секунд, что задается при настройке, прекращается подача защитного газа и подается звуковой сигнал оператору

На рисунке 2.3 показано завершение выполнения облицовочного шва, заварка кратера, металл, правда, толщиной 6 мм. Данная фотография выполнена при пробной сварке отрезков труб.

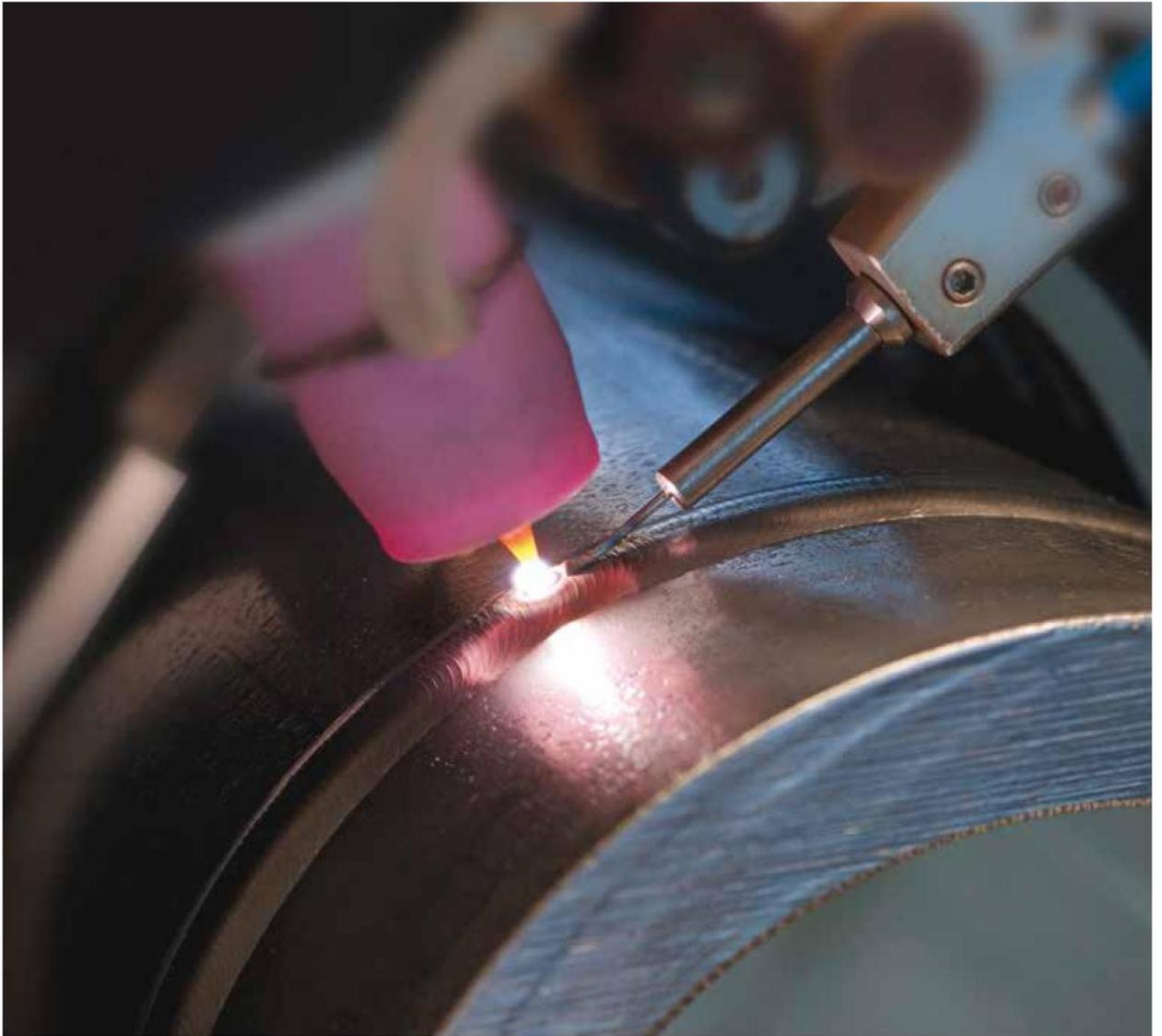


Рисунок 2.3 – Заварка кратера

### **3 Характеристики установки для орбитальной сварки.**

Как было сказано выше сварные швы, соединяющие трубу и патрубков не рассматриваются и технология их выполнения изменений не претерпевает.

Кольцевые швы, соединяющие фланец и патрубок выполняются по технологии орбитальной сварки.

Оборудование для орбитальной сварки выбранное в разделе 1.3 настоящей работы – установка OW 76S.

Ранее был обоснован выбор вольфрамового электрода. Данная установка позволяет работать с электродом диаметром 1,6...2,4 мм.

Габаритные размеры установки, рисунок 3.1, следующие размер С – 159 мм, размер L – 153 мм, размер D – 67 мм, размер В – 38 мм, размер G – 400 мм, размер Н – 135 мм, размер Е – 66 мм, размеры А1 и А2, соответственно по 19 мм каждый. Общий вес установки составляет 9,4 кг.

Панель управления встроена в ручку установки. Фиксация установки на свариваемом изделии обеспечивается с помощью зажимных вставок, состоящих из двух полусекторов. Недостатком является то, что для каждого диаметра трубы требуется индивидуальные зажимные вставки.

Одно из преимуществ данных установок является возможность выполнять сварные швы в стесненных условиях и при монтаже. Однако мы собираемся эксплуатировать установку в условиях стационарных – производственного участка сварки корпуса уровнемера.

На этот случай изготовитель предусмотрел настольные крепления, рисунок 3.2.

Понятное дело, что установка должна комплектоваться источником питания. Предприятие изготовитель предлагает серию источников ORBIMAT SA. Для выбранной установки подойдут источники ORBIMAT 165 SA и ORBIMAT 300 SA. Устройство подачи проволоки P20.

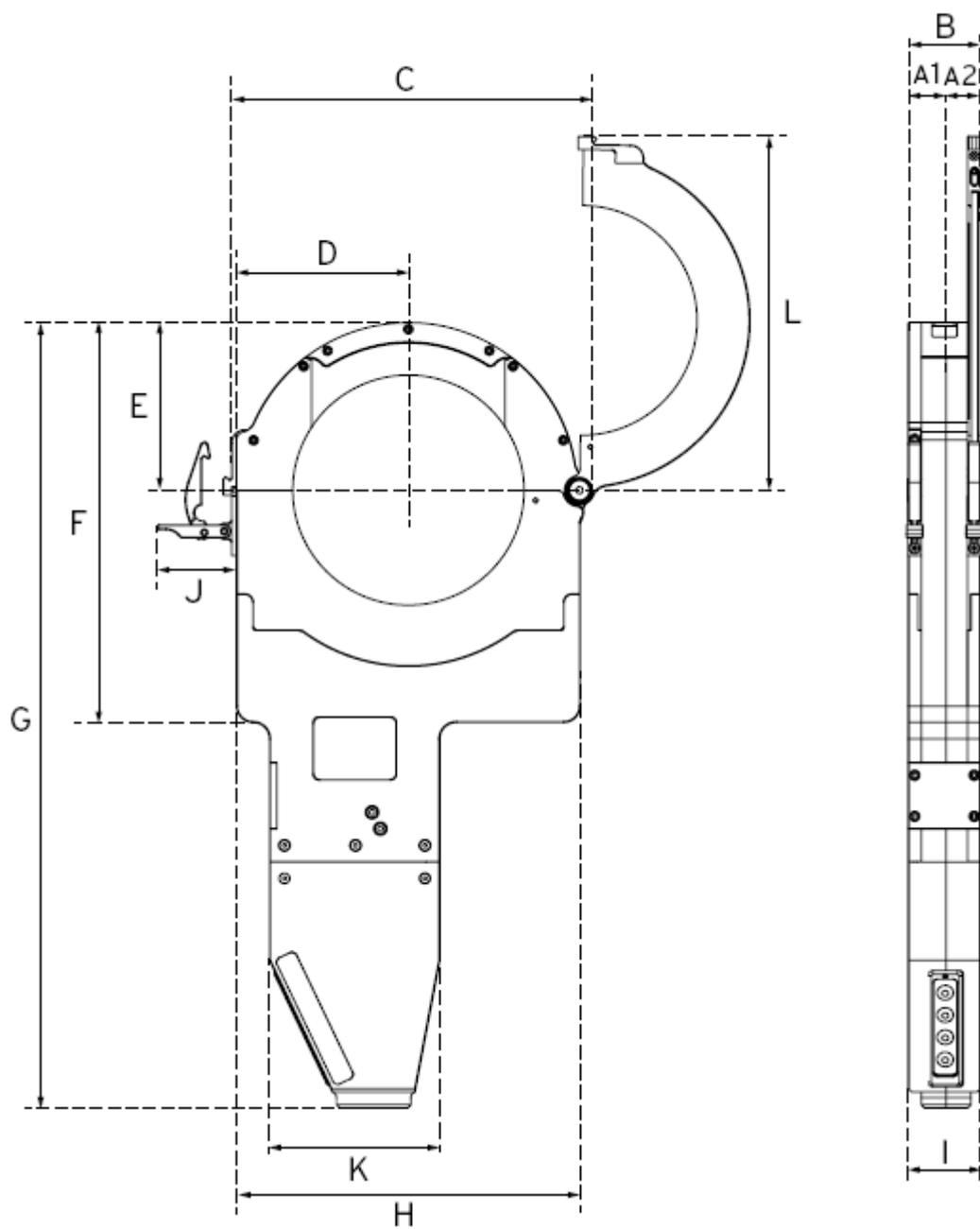


Рисунок 3.1 - Габаритные размеры установки OW 76S

Габаритные размеры источника ORBIMAT 165 СА составляют 510x360x220 мм, вес 26 кг. Габаритные размеры источника ORBIMAT 300 СА составляют 530x400x400 мм, вес 33 кг. Данные источники управляются компьютером и укомплектованы блоком слежения по напряжению (AVC). Этот блок автоматически вычисляет длину дуги в зависимости от текущих характеристик напряжения. Общий вид источника на рисунке 3.3.



Рисунок 3.2 – Настольные крепления.

Справа от источника расположена установка орбитальной сварки, надевая на трубопровод.



Рисунок 3.3 – Источник питания ORBIMAT 300

## 4 Безопасность и экологичность технического объекта.

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Согласно распоряжению по институту машиностроения тема бакалаврской работы сформулирована следующим образом: «Технология сварки корпуса уровнемера типа ВМ-26». В настоящее время сварка корпуса уровнемера выполняется дуговой механизированной сваркой проволокой сплошного сечения. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применяя автоматическую сварку их можно нейтрализовать. Разработана технология автоматической сварки с применением установки для орбитальной сварки OW 76S. естественно, что при внедрении данных технических решений необходимо предусмотреть мероприятия по нейтрализации опасных и вредных технологических факторов, сопровождающих технологию механизированной сварки.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Выполняемые работы	Должности работников, реализующих данный техпроцесс	Вновь установленное оборудование	Вспомогательные материалы
Выполнение сварных швов патрубка и фланца	Подготовка, сборка и сварка патрубка и фланца	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Установка для орбитальной сварки OW 76S.	Присадочная проволока, газовая смесь.

### 4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки фланца и патрубка.

Различные негативные производственные факторы при действии на организм работников, реализующих разработанный в бакалаврской работе технологический процесс могут вызвать нетрудоспособность работника. В таблице 4.2 систематизируем и проанализируем выявленные на участке сварки негативные производственные факторы.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Выполняемые работы	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Подготовка, сборка и сварка патрубка и фланца	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки. повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Установка для орбитальной сварки OW 76S, присадочная проволока аргон

### 4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков

Уже внедренные на производственном участке и разработанные в рамках бакалаврской работы мероприятия по снижению негативного действия профессиональных рисков систематизируем и проанализируем в таблице 4.3. В таблицу не будем включать такие организационные мероприятия, как инструктажи по технике безопасности.

Таблица 4.3 – Мероприятия и средства уменьшения негативного действия профессиональных рисков.

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Острые кромки		Перчатки,

		спецодежда.
движущиеся детали оборудования и заготовки	Плакаты и надписи, барьеры и ограждения.	
повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке	вентиляция	Средства защиты дыхательных путей
повышенная температура оборудования и воздуха участка	вентиляция	Спецодежда, перчатки
повышенное напряжение, от которого запитано оборудование;	Заземление, контроль изоляции.	
световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика, спецодежда.

#### 4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.

В таблице 4.4 выполним анализ возможных опасных факторов, сопровождающих пожар, при его возникновении на производственном участке.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Подготовки, сборки и сварки фланца и патрубка	Установка для орбитальной сварки OW 76S	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

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.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяется	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности,	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

#### 4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (здания по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортного средства	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Сварка	Подготовка труб сварке, сборка сварка,	газообразные частицы; сажа;	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от сварочной проволоки, бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 4.8 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтры в системе вентиляции участка задержат мелкодисперсные частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Важным является соблюдение культуры производства, исключение утечек проявителя и закрепителя, которые попадая в канализацию попадают во внешние водоемы.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Размещение на территории участка сварки емкостей для селективного сбора металлолома, бытовых отходов и производственных отходов. На емкостях или рядом

	<p>стоящих плакатах необходимо нанести предписывающие сообщения. С рабочими необходимо провести разъяснение по необходимости селективного складирования отходов. Желательно периодически, во время ежеквартального инструктажа по технике безопасности, разъяснять производственному персоналу правила сбора твердых отходов</p>
--	--

#### **4.6 Заключение по разделу**

Планируемый к внедрению технологический процесс автоматической сварки с применением автомата – установки для орбитальной сварки OW 76S сопровождается факторами, оказывающими вредное воздействие на рабочих производственного участка.

Сделан анализ возможности снижения негативного действия выявленных факторов на рабочих и полного устранения их действия. По результатам анализа можно сделать вывод, что уже применяемые на производстве средства защиты и организационные мероприятия по технике безопасности обеспечат безопасность работника при реализации разработанного при выполнении бакалаврской работы технологического процесса механизированной сварки.

Установлено, что дополнительных мероприятий и средств для защиты от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс механизированной сварки, не нужно.

Также технология автоматической сварки оказывает негативное влияние на окружающую среду. Для минимизации такого влияния предложен комплекс организационных мероприятий.

## 5 Экономическая эффективность проекта

По базовому варианту технологического процесса сварки уровнера применяется дуговая сварка проволокой сплошного сечения. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта автоматическую сварку проволокой сплошного сечения.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 5.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки базовой технологии сварки и принцип их устранения при использовании механизированной сварки.

Таблица 5.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Механизированная сварка проволокой сплошного сечения предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При автоматической сварке автомат выполняет все необходимые операции для выполнения сварного шва. Настройку и установку установки автоматической орбитальной сварки может выполнять рабочий с низким разрядом, и, соответственно, низкой тарифной ставкой.
Время сварки большое, так как приходится вручную вести дугу.	Время сварки меньше, так как все делает автомат.

### 5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
			Базовый	Проект.
2	3	4	5	6
Финансовые затраты на 1 кг присадочного материала	$C_{ЭЛ}$	Руб/кг	88	69
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$k_{ТЗ}$	-	1,05	1,05
Значение тарифной ставки	$C_{ч}$	Руб/час	95,29	84,87
Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате	$k_{ЗП}$	-	1,81	1,81
Отчисления на дополнительную заработную плату	$k_{Д}$	%	10	10
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$H_{СОЦ}$	%	30	30
Финансовые затраты на покупку оборудования	$C_{об}$	Руб	40000	70000
Норма амортизационных отчислений на оборудование	$Н_{а}$	%	18	18
Коэф. Полезного действия установки	$K_{ПД}$	-	0,7	0,78
Стоимость электроэнергии	$C_{э - э}$	Руб/кВт	3,02	3,02
Удельный расход защитного газа	$У_{зг}$	$M^3/час$	-	50
Стоимость защитного газа	$C_{зг}$	Руб/ $m^3$	-	50
Стоимость аренды площади	$C_{экспл}$	Руб/ $m^2$	1800	1800
Стоимость приобретения производственных площадей	$C_{пл}$	Руб/ $m^2$	4500	4500
Площадь занимаемая оборудованием	$S$	$M^2$	8	11
Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования	$k_{МОНТ}$ $k_{ДЕМ}$	%	2	2
Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений	$E_{н}$	-	0,33	0,33
Годовая программа	$N_{пр}$	шт	500	500
Коэффициент заводских расходов	$k_{ЗАВ}$		1,97	1,97
Норма амортизационных отчислений на площадь	$Н_{пл}$	%	2	2
Коэффициент цеховых расходов	$k_{цех}$		1,72	1,72

## 5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Для расчета штучного времени на сварку одного стыка фланца и патрубка применим зависимость:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где  $t_{n-з}$  – время, расходуемое на подготовительно-заключительные операции,  $t_{n-з} = 0,05\%$  от  $t_0$

$t_0 = t_M$  – время, расходуемое непосредственно на выполнение сварного шва - машинное.

$t_в$  – время, расходуемое на подготовку сварочного оборудования к работе  
 $t_в = 10\%$  от  $t_0$ .

$t_{отл}$  – время, расходуемое рабочими на отдых и личные надобности  $t_{отл} = 5\%$  от  $t_0$ ;

$t_{обсл}$  – время, расходуемое рабочими на обслуживание рабочего места  
 $t_{обсл} = 8\%$  от  $t_0$ ;

$t_{н.п}$  – время неустраняемых перерывов,  $1\%$  от  $t_0$ .

Машинное время определим по следующей формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где:  $L_{ш}$  – кольцевой шов - 0,238 м;

$I_{св}$  – сварочный ток, А;

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

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

Масса наплавленного металла  $M_{\text{напл.мет}}$  – может быть определена по зависимости, кг/м:

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

где  $\rho$  – плотность, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_{\text{Н}}$  – площадь валика, мм<sup>2</sup>.

$$F_{\text{Н}} = (8 \div 12) \cdot d_{\text{эл.}}$$

На толщину 3,5 мм.

$$F_{\text{Н}} = F_1 + F_2 + F_3 = 21 + 24 + 27 = 72 \text{ мм}^2$$

$$M_{\text{напл.мет.б}} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^3 = 0,561 \text{ кг/м}$$

$$M_{\text{напл.мет.пр}} = 7,8 \cdot 72 \cdot 10^3 = 0,561 \text{ кг/м}$$

Подставив в (5.2) необходимые значения, получим:

$$t_{\text{об}} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{120 \cdot 9} = 0,05 \text{ час} = 3,0 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{210 \cdot 9} = 0,025 \text{ час} = 1,5 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{\text{штб}} = 3,0 + 0,3 + 0,15 + 0,24 + 0,03 = 3,72 \text{ мин} = 0,062 \text{ час}$$

$$t_{\text{штпр}} = 1,5 + 0,15 + 0,09 + 0,075 + 0,015 = 1,83 \text{ мин.} = 0,0305 \text{ час.}$$

### 5.3 Расчет затрат на новое оборудование

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

где  $K_{\text{пр}}$  – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{\text{соп}}$  – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{\text{пр}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (5.6)$$

где  $\sum \Pi_{\text{об}}$  – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки оборудования вначале рассчитаем нужное количество оборудования по формуле:

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

где:  $N_{\text{пр}}$  – годовая программа, см. табл. 5.2, 500 шт.;

$t_{\text{шт}}$  – время, расходуемое на сварку одного стыка трубопровода (штучное), мин.;

$\Phi_{\text{эф}}$  – фонд времени работы оборудования, час.

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ( $n_{\text{об.прин}}$ ).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

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

где:  $D_k$  – всего дней в году;

$D_{\text{вых}}$  – всего выходных в году;

$D_{\text{пр}}$  – всего праздничных дней в году;

$T_{\text{см}}$  – длительность рабочей смены на предприятии, час;

$S$  – принятое на предприятии количество рабочих смен;

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

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

Для базового варианта технологии

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{500 \cdot 3,72}{1812 \cdot 60} = 0,027 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,027}{1} = 0,027$$

$$K_{прб} = 40000 \cdot 0,027 = 1080 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{500 \cdot 1,83}{1812 \cdot 60} = 0,012 \text{ шт}$$

$$k_{зпр} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{прпр} = 70000 \cdot 0,012 = 840 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

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

$K_{монт}$  – финансовые расходы, необходимые для выполнения монтажа оборудования для проектного варианта технологии;

$K_{дем}$  – финансовые расходы, необходимые для выполнения демонтажа оборудования применяемого в базовом варианте технологии;

$K_{площ}$  – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

$$K_{монт} = \sum \Pi_{об} \cdot k_{монт} \quad (5.11)$$

где:  $k_{монт}$  – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям

$$k_{монт} = 0,2.$$

$$K_{монт} = 70000 \cdot 0,2 = 14000 \text{ руб}$$

$$K_{дем} = \sum \Pi_{об} \cdot k_{дем} \quad (5.12)$$

где:  $k_{\text{дем}}$  – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям,  $k_{\text{дем}} = 0,2$

$$K_{\text{дем}} = 40000 \cdot 0,2 = 8000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} \cdot \Pi_{\text{площ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (5.13)$$

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

$$K_{\text{площ}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 840 + 14000 + 8000 + 5400 = 28240 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 1080/500 = 2,16 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{пр}} = 28240/500 = 56,48 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчет технологической себестоимости

Общий размер финансовых расходов на материалы определяется как сумма расходов на основные материалы и вспомогательные:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{осн}} + ЗМ_{\text{всп}}$$

Поскольку конструкция изделия изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

Для применяемой в настоящее время технологии сварки промышленных газопроводов в качестве вспомогательных материалов используют штучные электроды, расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{эл.}} = H_{\text{эл.}} \cdot \Pi_{\text{эл.}} \quad (5.16)$$

где  $C_{эл}$  – стоимость штучных электродов, руб/кг;

$N_{эл}$  – расход штучных электродов согласно нормативам, кг.

$$N_{эл} = Y \cdot L_{ш} \quad (5.17)$$

где  $Y$  – расход штучных электродов на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{ш}$  – общая протяженность сварного соединения, м.

$$Y = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (5.18)$$

где  $k_p$  – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$M_{напл.мет}$  – общее количество присадочного материала, штучных электродов, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (5.19)$$

где  $\rho$  – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_n$  – площадь поперечного сечения шва,  $F_n = 72 \text{ мм}^2$ .

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$N_{эл} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 88 \cdot 0,227 = 19,99 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_6 = 19,99 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой в проектном варианте технологии сварки промышленных газопроводов в качестве вспомогательных материалов используют присадочную проволоку и защитный газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{свпр} = ЗМ_{свпр} + Зг \quad (5.20)$$

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

$$ЗМ_{свпр} = C_{пр} \cdot N_{пр} \quad (5.21)$$

где  $C_{пр}$  – стоимость применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, руб/кг;

$N_{\text{пр}}$  - норма расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, кг.

Для определения нормы расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки воспользуемся формулой:

$$N_{\text{пр}} = Y \cdot L_{\text{ш}} \quad (5.22)$$

где  $Y$  - расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш}}$  - общая протяженность сварного соединения, м.

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

где  $k_p$  - коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$  - общее количество присадочного материала, присадочной проволоки, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (5.24)$$

где  $\rho$  - плотность стали - материал присадочной проволоки, 7,8 г/см<sup>3</sup>;

$F_{\text{ш}}$  - площадь поперечного сечения шва,  $F_{\text{ш}} = 72 \text{ мм}^2$ .

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$N_{\text{пр}} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг}$$

$$3M_{\text{свпр}} = 69 \cdot 0,227 = 15,66 \text{ руб.}$$

Расходы на применяемый для защиты сварочной ванны газ, в предлагаемом варианте углекислый, определим по формуле:

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (5.25)$$

где  $C_{\text{з.г.}}$  - рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$N_{\text{рз.г.}}$  - норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норма расхода вычисляется по зависимости:

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

где  $Y_{з.г.}$  – расход защитного газа непосредственно на выполнение сварного шва, л.

$$Y_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_0 \quad (5.27)$$

где  $q_{з.г.} = 10$  л/мин;

$t_0$  - вычисленное по формуле (5.2) время сварки шва.

$$Y_{з.г.} = 10 \cdot 1,62 = 16,2 \text{ л}$$

$Y_{доп.}$  – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва,  $\text{м}^3$ .

$$Y_{доп.} = t_{всп} \cdot q_{з.г.} \quad (5.28)$$

где  $t_{всп}$  – время расхода газа, мин;

$q_{з.г.}$  – норма расхода газа в единицу времени,  $\text{м}^3/\text{мин}$ .

$$Y_{доп.} = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ л.}$$

$$H_{з.г.} = 16,2 \cdot 0,687 + 0,5 = 11,62 \text{ л.}$$

$$Z_{з.г.} = 0,011 \cdot 50 = 0,55 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$Z_{М_{пр}} = 15,66 + 0,55 = 16,21 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_0}{\text{КПД}} \cdot C_{э-э} \quad (5.29)$$

где  $P_{об}$  – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении сварного соединения, кВт;

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

КПД – коэффициент полезного действия оборудования, задействованного при выполнении сварного соединения.

Мощность расходуемую оборудованием при выполнении сварного соединения вычислим по режимам сварки: сила сварочного тока и напряжение дуги.

Для базового варианта технологии  
 $P_{обб} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт}$

$$z_{\text{э-э}}^{\text{б}} = \frac{3,6 \cdot 0,05}{0,7} 3,02 = 0,77 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии  
 $P_{обпр} = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$

$$z_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{6,3 \cdot 0,025}{0,75} 3,02 = 0,63 \text{ руб.}$$

На следующем этапе выполняем расчет затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования как суммы затрат на амортизацию и ремонт.

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

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

$P_{т.р}$  – отчисления на ремонт, руб.;

Отчисления на амортизацию рассчитаем по зависимости:

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

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

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

$$A_{об}^{\text{б}} = \frac{40000 \cdot 3,72 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{\text{пр}} = \frac{70000 \cdot 1,83 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,21 \text{ руб.}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

$$P_{т.р} = \frac{C_{об} \cdot N_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} \quad (5.32)$$

где  $N_{т.р}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$$P_{тр}^{\text{б}} = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,027}{1812 \cdot 100} = 0,20 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тр}}^{\text{пр}} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0,012}{1812 \cdot 100} = 0,16 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$Z_{\text{ОБ}}^{\text{Б}} = 0,24 + 0,20 = 0,44 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{ОБ}}^{\text{ПР}} = 0,21 + 0,16 = 0,37 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$Z_{\text{плоч}} = \frac{C_{\text{плоч}} \cdot S_{\text{плоч}} \cdot Na_{\text{плоч}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (5.33)$$

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

$Na_{\text{плоч}}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

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

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 3,72}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{плоч}}^{\text{пр}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1,83}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.34)$$

где  $\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$  – основная зарплата;

$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}$  – дополнительная зарплата.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.35)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{нф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (5.36)$$

где  $k_{\text{пр}} = 1,25$  1,12 – коэффициент премирования;

$k_{BH} = 1,11,2$  – коэффициент выполнения норм;

$k_Y = 1,1 - 1,087$  коэффициент доплат за условия труда;

$k_{пф} = 1,057 - 1,14$  коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,133 - 1,076$  коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{ЗПШ} = 1,12 \cdot 1,2 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^B = 0,060 \cdot 95,2 \cdot 1,79 = 10,23 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 0,03 \cdot 84,87 \cdot 1,79 = 4,55 \text{ руб.}$$

Дополнительная определяется по следующей зависимости:

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

где  $k_d$  – коэффициент - 10%.

Для базового варианта технологии

$$ЗПЛ_{доп}^B = 10,23 \cdot 10/100 = 1,02 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 4,55 \cdot 10/100 = 0,45 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_B = 10,23 + 1,02 = 11,25 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{ПР} = 4,55 + 0,45 = 5,00 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (5.38)$$

где  $N_{соц}$  – коэффициент отчислений, 30 %.

Для базового варианта технологии

$$O_{CH}^B = 11,25 \cdot 30/100 = 3,37 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{CH}^{ПР} = 5,00 \cdot 30/100 = 1,50 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для определения размера технологической себестоимости

просуммируем все расходы, найденные выше:

$$C_{ТЕХ} = ЗМ + З_{э-э} + З_{об} + З_{пл} + \Phi ЗП + O_{CH} \quad (5.39)$$

Для базового варианта технологии

$$C_{ТЕХ}^B = 19,99 + 0,77 + 0,44 + 0,02 + 11,25 + 3,37 = 35,84 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 16,21 + 0,63 + 0,37 + 0,02 + 5,00 + 1,50 = 23,73 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.40)$$

где  $P_{\text{ЦЕХ}}$  – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad Z_{\text{ОСН}} \quad (5.41)$$

где  $k_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент цеховых расходов, 1,72;

$Z_{\text{ОСН}}$  – основная зарплата, руб.

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 35,84 + 10,23 \cdot 1,72 = 35,84 + 17,59 = 53,43 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 23,73 + 4,55 \cdot 1,72 = 23,73 + 7,82 = 31,55 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

где  $P_{\text{ЗАВ}}$  – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент заводских расходов, 1,97

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 53,43 + 10,23 \cdot 1,97 = 53,43 + 20,15 = 73,58 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 31,55 + 4,55 \cdot 1,97 = 31,55 + 8,96 = 40,51 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости

Таблица 5.3 – Перечень и значения статей затрат на сварку одного стыка фланца с патрубком уровнемера

Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
		базов	Проект
1	2	3	4
Материалы	ЗМ	19,99	16,21

Фонд заработной платы	ФЗП	11,25	5,00
Отчисления на социальные нужды	О <sub>СН</sub>	3,37	1,50
Затраты на оборудование	З <sub>ОБ</sub>	0,44	0,37
Затраты на площади	З <sub>ПЛ</sub>	0,02	0,02
Затраты на электроэнергию	З <sub>Э-Э</sub>	0,77	0,63
Себестоимость технологическая	С <sub>ТЕХ</sub>	35,84	23,73
Цеховые расходы		17,59	7,82
Себестоимость цеховая	С <sub>ЦЕХ</sub>	53,43	31,55
Заводские расходы		20,15	8,96
Себестоимость заводская	С <sub>ЗАВ</sub>	73,58	40,51

### 5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Величину прибыли, ожидаемой от снижения себестоимости сварки стыка фланца с патрубком, определим по формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.43)$$

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (73,58 - 40,51) \cdot 500 = 16533,25 \text{ руб.}$$

Величину годового экономического эффекта, ожидаемого от внедрения технических решений, обеспечивающих увеличение производительности, определим по формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \left[ \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{б}} \right) - \left( C_{\text{зав}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}} \right) \right] \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.44)$$

$$\text{Э}_{\Gamma} = \left[ (73,58 + 0,33 \cdot 2,16) - (40,51 + 0,33 \cdot 56,48) \right] \cdot 500 = 7425 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

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

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,05 - 0,025}{0,05} \cdot 100\% = 50\%$$

Размер увеличения производительности труда

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

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{шт}} \quad (5.47)$$

$$T_{ок} = \frac{28240}{16533} \approx 1,7 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{ср} = 1/T_{ок} = 1/1,7 = 0,58. \quad (5.48)$$

### 5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 50% трудоемкость сварки одного стыка фланца с патрубком, при увеличении производительности труда на 100%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 28240 руб., которые окупятся через 1,7 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 74250 руб.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса сварки показал, что его недостатки обусловлены недостатками механизированной сварки проволокой сплошного сечения.

Выполненный анализ возможных вариантов модернизации механизированной сварки позволил рекомендовать автоматическую сварку с применением установки для орбитальной сварки установка OW 76S. Разработан технологический процесс автоматической сварки с применением данной установки, укомплектованной источником питания ORBIMAT 300.

Применение автоматической сварки по разработанной в бакалаврской работе технологии позволяет повысить производительность труда на 75%. При этом, рассчитанный в разделе «Экономическое обоснование» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 74250 руб.

Можно сделать вывод о достижении цели достижения цели бакалаврской работы

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
2. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
3. Пащенко В.Н. Влияние состава плазмообразующей воздушно-газовой смеси на параметры струи плазмотрона / В.Н. Пащенко. // Автоматическая сварка. – 2009. – № 4. – С. 33–38.
4. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
5. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
6. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
7. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
8. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
9. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
10. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
11. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of

- Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
12. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
  13. Райцес В.Б. Износостойкие плазменные покрытия на основе двойного карбида титана–хрома / В.Б. Райцес, В.М. Литвин, В.П. Рутберг. [и др.] // Порошковая металлургия. – 1986. – № 10. – С. 46–47.
  14. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
  15. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
  16. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
  17. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
  18. Salter G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
  19. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
  20. Величко О.А. Лазерная наплавка цилиндрических деталей порошковыми материалами / О.А. Величко, П.Ф. Аврамченко, И.В. Молчан, В.Д. Паламарчук // Автоматическая сварка. – 1990. – № 1. – С. 59–65.
  21. Шелягин, В.Д. Лазерно-микроплазменное легирование и нанесение покрытий на стали / В.Д. Шелягин, В.Ю. Хаскин, Ю.Н. Переверзев // Автоматическая сварка. – 2006. – № 2 – С. 3–6.
  22. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование

- наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
23. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
24. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
25. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.
26. Золотоносов Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.
27. Зорин Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 164 с.