

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 Роботизированная сварка фасонных деталей трубопроводов

Студент

А.В. Шатилов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.В. Ельцов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

О.М. Сярова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

П.А. Корчагин

(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

Разработка и внедрение новых технологических решений при изготовлении узлов для трубопроводов является актуальной. Актуальность повышения технологических свойств дуги при сварке в защитных газах повышается в связи с переходом на роботизированную сварку и более производительные режимы сварки.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение технологических свойств роботизированной сварки в защитных газах при изготовлении фасонных элементов трубопроводов.

На основании анализа состояния вопроса были сформулированы задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) Выбор сварочных материалов и параметров режима для роботизированной сварки изделия;
- 2) Выбор оборудования для роботизированной сварки изделия;
- 3) Составление проектной технологии сварки с применением предложенных ранее технических решений.

Пояснительная записка состоит из 64 страницы, графическая часть включает в себя 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ современного состояния вопроса сварки фасонных деталей трубопровода	
1.1 Сведения о конструкции изделия	6
1.2 Сведения о материале изделия	7
1.3 Анализ содержания источников научно-технической информации по тематике исследования	10
1.4 Анализ способов сварки и применяемых сварочных материалов	12
.1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	16
2 Проектная технология роботизированной сварки изделия	
2.1 Выбор защитного газа	17
2.2 Выбор сварочной проволоки	19
2.3 Расчёт параметров режима роботизированной сварки	20
2.4 Выбор основного и вспомогательного оборудования	25
2.5 Технологический процесс сборки и сварки изделия	33
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта	36
3.2 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков	38
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки	40
3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки	41
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	43

3.6 Заключение по экологическому разделу	44
4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	45
4.2 Расчёт фонда времени	47
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	48
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	51
4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии	55
4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям	56
4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии	58
4.8 Заключение по экономическому разделу	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	62

ВВЕДЕНИЕ

Применение готовых узлов при строительстве различных трубопроводов даёт ряд преимуществ:

- 1) Удешевление объекта, поскольку полное изготовление узла в заводских условиях гораздо дешевле, чем сварка в полевых условиях.
- 2) Высокое качество при заводском изготовлении и контроле продукции.
- 3) Сокращение сроков строительства, поскольку собрать готовые узлы гораздо легче и быстрее, чем делать их в полевых условиях.

Поэтому разработка и внедрение новых технологических решений при изготовлении узлов для трубопроводов является актуальной. Актуальность повышения технологических свойств дуги при сварке в защитных газах повышается в связи с переходом на роботизированную сварку и более производительные режимы сварки.

Работы, выполненные в ИЭС им. Е. О. Патона, позволили определить условия, обеспечивающие возможность активного воздействия на характер изменения физических процессов в разрядном промежутке. В результате был предложен способ импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах с программным управлением образованием каждой капли плавящегося электрода и, как следствие, размерами и формой сварного шва во всех пространственных положениях [8, 9].

При импульсном управлении сварочной дугой наблюдается мелкокапельный перенос электродного металла, что не только позволяет производить сварку во всех пространственных положениях, но и упростить и облегчить сварочную аппаратуру для механизированной сварки различных материалов, снизить потери металла на угар и разбрызгивание, обеспечить высокие механические свойства металла шва и улучшить его формирование.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение технологических свойств роботизированной сварки в защитных газах при изготовлении фасонных элементов трубопроводов.

1 Анализ современного состояния вопроса сварки фасонных деталей трубопровода

1.1 Сведения о конструкции изделия

Рассматриваемая в данной работе конструкция «Отвод» относится к деталям трубопроводов и предназначена для соединения сваркой встык труб одного диаметра, расположенных под углом. Данная конструкция отвода предназначена для транспортировки жидких веществ имеющих агрессивную среду. Отвод состоит из двух полуобечеек, собираемых между собой сваркой, и одного фланца.

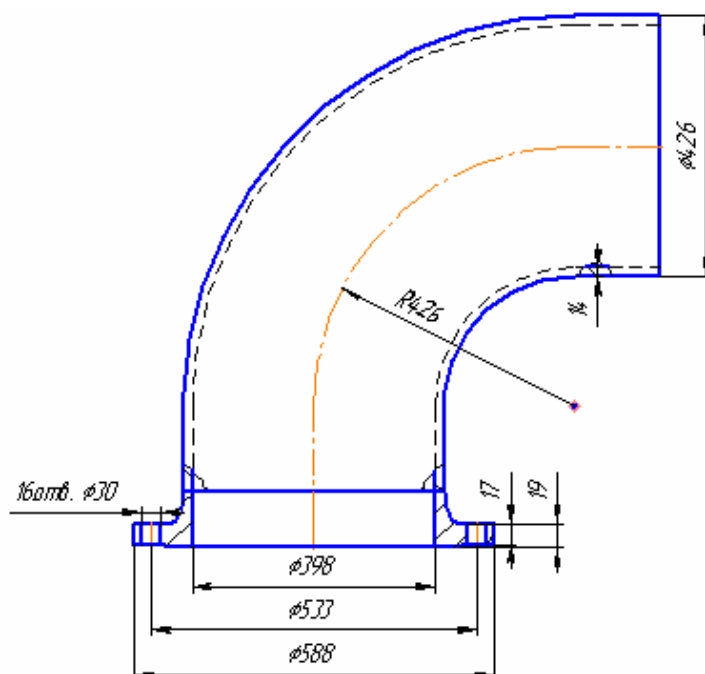


Рисунок 1.1 – Эскиз отвода

ТУ на сборочно-сварочные операции [1,2]:

- сварные швы располагать так, чтобы было удобно проводить контроль качества и устранить дефекты;
- поверхности, соединяемых сваркой элементов, очистить от различного рода загрязнений на ширину не менее 20 мм от сварного шва;
- сварные соединения выполнить в соответствии с ГОСТ 16037 – 80, ГОСТ 14771 – 76.

1.2 Сведения о материале изделия

При изготовлении отвода используется нержавеющая сталь марки 12X19Н9Т или стали 12X18Н10Т. 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 12X18Н10Т 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].

Таблица 1.1 – Химический состав стали 12X19Н9Т

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 12X18Н10Т

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

Сталь поставляется в рулонах. Используется горячекатаная рулонная листовая сталь, с шириной ленты 1000 мм по ГОСТ 19903 – 74.

Техническая характеристика, на изготовление:

ТУ на лист: [1]

- сталь, применяемая для изготовления и ремонта элементов, работающих под давлением, выполнить мартеновским способом или в электропечах;
- на поверхности листов недопустимы трещины, пленки, закаты, раковины, пузыри и растравленные при удалении окалины места;
- допускаются отдельные вмятины, вдавлины от валков, царапины в допускаемых пределах в зависимости от толщины листа;
- микроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, свищей, трещин;
- на каждый рулон наносят клеймо с указанием марки стали, номера плавки и товарного знака предприятия изготовителя;
- партия должна сопровождаться сертификатом.

Для оценки долговечности сварных соединений из стали 12X18H10T были подготовлены пластины толщиной 12 мм. Из этих пластин были изготовлены образцы с тавровыми соединениями, выполненными ручной сваркой электродами ЭА-400/10У, а также аргодуговой сваркой с применением присадочной проволоки Св-04X19H11МЗ.

Испытания проводили на резонансных установках при консольном изгибе по симметричному циклу. Частота нагружения составляла 35...45 Гц. Ширина рабочей части образцов — 100 мм. База испытаний на воздухе составляла 10^7 , в коррозионной среде (морская вода) — $3 \cdot 10^7$ циклов. Предел выносливости, полученный на этой базе, экстраполировали по уравнению второго участка кривой коррозионной усталости на базу 10^8 циклов [7].

Всего было испытано шесть партий образцов по десять штук в каждой. Упрочнению подвергали шов и околошовную зону шириной до 15 мм с обеих сторон шва. Из разрушенных образцов послеусталостных испытаний изготавливали шлифы, на которых определяли месторасположение трещины, а также глубину упрочненного слоя. В поверхностных слоях, подвергшихся упрочнению, микротвердость наклепанного металла составила 3220...4240 МПа, тогда как ненаклепанного — 2460...3010 МПа, а глубина упрочненного слоя — 2 мм.

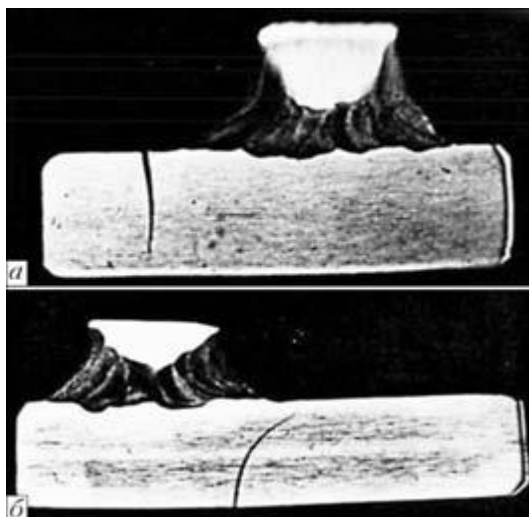


Рисунок 1.2 – Расположение усталостных трещин в сварных образцах без упрочнения (а) и после упрочнения с применением ШСУ (б)

Усталостная прочность тавровых соединений стали 12Х18Н10Т, выполненных ручной и аргонодуговой сваркой, на базе 10^7 циклов составила 90 и 120 МПа соответственно.

Коррозионно-усталостная прочность тавровых соединений стали 12Х18Н10Т, выполненных аргонодуговой сваркой, на базе 10^7 циклов составила 100, на базе 10^8 – 83 МПа.

Пластическое деформирование с применением ШСУ повысило усталостную прочность тавровых соединений стали 12Х18Н10Т до 140 и 150 МПа для ручной и аргонодуговой сварки соответственно: долговечность – в 4...8 раз для соединений, выполненных аргонодуговой сваркой, и в 14...20 раз для соединений, выполненных ручной сваркой; коррозионно-усталостную прочность до 127 МПа на базе 10^7 циклов и до 110 МПа на базе 10^8 циклов, т. е. в 1,3 раза; долговечность при напряжениях 110...120 МПа была увеличена в 14...30 раз.

1.3 Анализ содержания источников научно-технической информации по тематике исследования

Для достижения поставленной цели необходимо провести ряд исследований, качество которых определяется глубиной анализа имеющихся научно-технических работ по данной тематике. Поиск источников научно-технической информации велся в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «механизированная сварка», «импульсное управление», «диссертация», «Автоматическая сварка журнал», «Сварочное производство журнал».

В **первой** работе [10] рассмотрена математическая модель, описывающая зависимость тока дугового процесса и соответственно скорости плавления электродной проволоки от изменяющегося характера ее движения в процессе сварки плавящимся электродом, в частности, при коротких замыканиях дугового промежутка.

Результаты, описанные в этом источнике научно-технической информации, применительно к выпускной квалификационной работе могут быть использованы для составления проектной технологии сварки и при обосновании выбора оборудования для сварки.

Во **второй** работе [11] выполнен анализ основных сварочно-технологических свойств однокомпонентных защитных газов и смесей газов применительно к сварке различных материалов с использованием плавящегося и неплавящегося электродов. Показан необходимость получения информации о свойствах компонентов защитных газов, которая позволяет выполнять рациональный выбор защитного газа, повысить показатели качества сварных соединений и служебные характеристик сварных изделий, улучшить условия труда сварщика и достигнуть существенного повышения производительности сварочных работ, а также обеспечить экологическую безопасность сварочных работ. По результатам анализа приведённых данных сделан вывод о роли сварки в защитных газах

как ведущего технологического процесса соединения материалов в ближайшем и более отдаленном будущем.

Результаты, описанные в этом источнике научно-технической информации, применительно к выпускной квалификационной работе могут быть использованы при составлении проектной технологии сварки и обосновании выбора способа сварки.

В **третьей** работе [12] приведены результаты испытаний на усталость тавровых соединений нержавеющей стали 12Х18Н10Т на воздухе и в коррозионной среде, а также определено влияние поверхностного упрочнения на повышение прочностных свойств и долговечности сварных элементов крыльевых устройств судов на подводных крыльях.

Результаты, описанные в этом источнике научно-технической информации, применительно к выпускной квалификационной работе могут быть использованы при составлении проектной технологии сварки.

В **четвёртой** работе [13] представлены результаты исследований процесса дуговой сварки порошковыми проволоками типа металл-кор в защитных газах. На основе анализа данных мониторинга электрических сигналов установлено влияние минеральных составляющих сердечника порошковой проволоки и состава защитного газа на стабильность горения дуги и характер переноса металла.

Результаты, описанные в этом источнике научно-технической информации, применительно к выпускной квалификационной работе могут быть использованы при анализе состояния вопроса при выборе способа сварки и при составлении проектной технологии, если будет принято решение использовать сварку порошковой проволокой.

В **пятой** работе [14] предложен состав газовой смеси для механизированной сварки в защитных газах, в состав которой введен озон в количестве 0,00001...0,1%, что существенно повышает технологические свойства сварочной дуги.

Результаты, описанные в этом источнике научно-технической информации, применительно к выпускной квалификационной работе могут быть использованы при составлении проектной технологии сварки.

1.4 Анализ способов сварки и применяемых сварочных материалов

1.4.1 Общие сведения по способам сварки

В настоящее время основную группу электродных материалов массового и специализированного назначения для сварки составляют штучные покрытые электроды, проволоки сплошного сечения и порошковые проволоки. Механизированные и автоматизированные процессы сварки проволоками предусматривают использование дополнительных присадочных и защитных материалов (флюс, газ), за исключением порошковых проволок. Общей тенденцией в изменении структуры производства и применения электродных материалов, особенно в развитых в экономическом отношении странах Юго-Восточной Азии (Япония, Южная Корея, КНР), Америки (США, Канада, Бразилия) и Европы (Великобритания, Германии, Франция, Италия, Голландия и др.), является устойчивый рост использования материалов для механизированной и автоматизированной (включая роботизированную) сварки [15].

1.4.2 Ручная дуговая сварка штучными электродами

Штучные электроды с покрытием являются наиболее широко применяющимся электродным материалом, универсальным с точки зрения организации процесса сварки в заводских и монтажных условиях. Обустройство сварочного поста требует небольших капитальных вложений в оборудование, а расходы на электроды относительно невелики.

К недостаткам, которыми обладает сварка штучными электродами, можно отнести малую производительность плавления, которая обусловлена

низкой плотностью тока на электроде, потерю части электродного материала на огарки, а также существенную зависимость качества сварных соединений от квалификации и кондиции сварщика. Тем не менее, следует отметить широкие границы для регулирования сварочных свойств за счёт возможности существенного изменения состава покрытия электродов. Это приводит к тому, что и в настоящее время сохраняется высокая конкурентоспособность ручной дуговой сварки штучными электродами по сравнению с механизированными способами сварки.

1.4.3 Сварка проволоками сплошного сечения

Плотность тока при сварке проволоками сплошного сечения существенно выше, чем штучными электродами, что позволяет регулировать характеристики плавления в широких пределах, реализовать синергетические и комбинированные управляемые процессы для сварки различных металлов и объектов применения. В частности, управление переходом электродного металла в шов может обеспечить устойчивые характеристики при переносе с короткими замыканиями, капельном без замыканий, осевом струйном, пульсирующем струйном или модульно-регулируемом по поверхностному натяжению капли металла.

На основе использования современных физических и математических моделей, а также компьютерного моделирования процесса дуговой сварки плавлением созданы современные системы источников питания полупроводникового и инверторного типов с программно управляемыми характеристиками электрических параметров, связанных прямым и обратным адаптивным управлением с механизмом подачи проволоки в зону плавления. Это позволило не только обеспечить надежность выполнения алгоритма сварки, но и существенно снизить энергозатраты, устранить влияние субъективного фактора. Рациональное, программно управляемое тепловложение в металл позволило достичь повышения значений свойств сварных соединений.

В последние годы большое внимание уделяется состоянию проволоки при поставке (допуски, точность изготовления, намотки, состояние и качество поверхности). По качеству омеднения или покрытия неомедненной проволоки имеются новые решения, позволяющие не только улучшить показатели применимости при механизированной и автоматической сварке, но и существенно уменьшить валовые выделения сварочного аэрозоля.

1.4.4 Сварка порошковой проволокой

В 1974 г. в британский стандарт впервые ввели порошковую проволоку с металлическим сердечником (массовая доля неметаллических материалов не более 4 %). Сварочные порошковые проволоки классифицированы европейскими стандартами (EN 758, EN 12073) и стандартами ISO (ISO 17632, ISO 18276, ISO 17633), введенными в действие в 2004–2005 гг. Не все национальные стандарты адаптированы к нововведениям, поэтому зачастую проволоки порошковые с металлическим сердечником классифицируют по стандартам на проволоку сплошного сечения.

После бурного роста потребления порошковых проволок (особенно газозащитных) в 1970–1980-е годы зафиксирован временный спад, вызванный объективными причинами (большой диаметр, повышенное выделение дыма, недостаточный уровень показателей свойств). К 2000 г. вновь возросло потребление порошковых проволок благодаря существенному повышению качества изготовления, параметров свойств и применимости для сварки сталей различных классов в отраслях промышленности и строительства.

По способу изготовления порошковые проволоки подразделяются на вальцованные (изготовленные путем формовки холоднокатаной ленты заданного размера в круглый профиль, заполняемый порошковой смесью на промежуточной стадии формовки) и так называемые бесшовные, полученные путем заполнения агломерированным флюсом длинномерной трубной заготовки на специальных вибростендах.

В последние годы освоено заполнение трубной заготовки из ленты (штрипса) непосредственно перед сваркой продольного шва, выполняемой лазером или токами высокой частоты. Последующий процесс изготовления включает доформовку прокаткой и волочение по схеме, подобной при изготовлении проволоки сплошного сечения с применением промежуточных отжигов. Такая технология позволяет достигать низкого содержания водорода в проволоке и наносить любые виды покрытия на поверхность.

Для реализации данной технологии требуются значительные капиталовложения в оборудование и эксплуатационные расходы. В связи с этим стоимость продукции повышается в среднем вдвое, по сравнению с проволокой вальцованной. Современные порошковые проволоки поставляются в готовом для применения виде (по стандарту EN 759) и пригодны для сварки с использованием серийного оборудования.

1.4.5 Сварка неплавящимся электродом в инертных газах

Сварка неплавящимся электродом в инертном газе начала активно развиваться в эру авиационной и космической техники, которая приходится на 60-е годы прошлого века. В настоящий момент сварка в инертных газах считается одним из самых распространенных способов, используемых при изготовлении ответственных металлических конструкций, позволяет удовлетворить высоким требованиям к сварным швам и конструкциям.

Защита металла сварочной ванны при сварке неплавящимся электродом от воздействия внешней среды обеспечивается защитным газом (чаще всего аргоном). Удаётся достигнуть качественной проварки корня шва, существует возможность применения электродных проволок различного состава и диаметра. Требуемые свойства металла сварного шва обеспечиваются правильным выбором химического состава присадочной проволоки. Однако данному виду сварки присущи недостатки: высокая стоимость аргона, который используется для защиты сварочной ванны и сварного шва от окисления воздухом; высокие требования к квалификации

сварщика; ускоренный износ сварочного оборудования при использовании форсированных режимов сварки.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В работе поставлена цель – повышение технологических свойств роботизированной сварки в защитных газах при изготовлении фасонных элементов трубопроводов.

Сварка фасонных частей трубопровода с использованием ручной дуговой сварки штучными электродами имеет следующие недостатки:

- 1) тяжёлые условия труда сварщика;
- 2) низкая производительность сварочных операций;
- 3) повышенный расход электродного металла на разбрызгивание и огарки;
- 4) появление большого числа дефектов и необходимость их исправления.

Для достижения поставленной цели проведены литературные исследования, поиск источников научно-технической информации велся в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «механизированная сварка», «импульсное управление», «диссертация», «Автоматическая сварка журнал», «Сварочное производство журнал». В ходе анализа альтернативных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, сварка проволоками сплошного сечения, Сварка порошковой проволокой, сварка в аргоне неплавящимся электродом. Принято решение использовать сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

На основании анализа состояния вопроса можно сформулировать задачи, последовательное решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) Выбор сварочных материалов и параметров режима для роботизированной сварки изделия;
- 2) Выбор оборудования для роботизированной сварки изделия;
- 3) Составление проектной технологии сварки с применением предложенных ранее технических решений.

2 Проектная технология роботизированной сварки изделия

2.1 Выбор защитного газа

Диоксид углерода долгое время преимущественно использовали в странах Восточной Европы и развивающихся странах благодаря его относительно низкой стоимости и доступности. Однако такие существенные недостатки сварки в CO_2 серийными кремнемарганцевыми проволоками, как повышенный уровень разбрызгивания и набрызгивания электродного металла, узкое и глубокое проплавление основного металла с высоким валиком, не всегда удовлетворительные механические свойства металла шва и особенно его ударной вязкости при отрицательных температурах стали причиной того, что в последнее время и в этих странах наблюдаются устойчивые тенденции к вытеснению CO_2 смесями газов на основе аргона в тех отраслях, где уделяется повышенное внимание к показателям качества металла шва и сварных соединений. Среди промышленно развитых стран только в Японии сохраняются устойчиво высокие объемы применения сварки в CO_2 (около 70 % общего объема сварочных работ, выполняемых механизированной сваркой в защитных газах).

Смеси Ar + CO_2 . Применение смесей этих газов происходит по причине поиска защитной среды, сочетающей в себе преимущества аргона, углекислого газа и аргоно-кислородной смеси. Выявляется существенная зависимость от состава смеси формы дуги и характера переноса электродного металла при использовании в качестве защитного газа смеси Ar + CO_2 . При одних и те же параметрах режима сварки в смесях с различным содержанием CO_2 переноса электродного металла может иметь характер как капельный без коротких замыканий, так с короткими замыканиями дугового промежутка, мелкокапельный и струйный. При содержании углекислого газа более 20 % при значении тока выше критического значения происходит изменение формы проплавления основного металла и исчезновение пальцеобразного

провара. При условии содержания в защитной смеси CO_2 в пределах 35...40 %, сварка становится похожей на сварку в чистом углекислом газе, однако при этом снижается разбрызгивание электродного металла.

Наблюдается улучшение формирования шва в случае применения смесей $\text{Ar} + 20...25 \% \text{CO}_2$ в достаточно широком диапазоне значений параметров режима сварки. По сравнению со сваркой в чистом CO_2 усиление шва заметно меньше, наблюдается плавный переход к основному металлу у сварного валика, а в диапазоне токов, характерных для струйного (мелкокапельного) переноса, происходит формирование мелкочешуйчатой поверхности, сравнимой со швами, сваренными под флюсом.

Значения показателей хладо- и трещиностойкости швов при сварке в смеси «аргон + углекислый газ» существенно выше значений для соединений, которые были сварены при сварке в чистом CO_2 в аналогичных условиях.

Смеси $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$. Развитие сварки плавлением как одного из важнейших технологических процессов в промышленности и строительстве тесно связано с разработкой способов защиты расплавленного металла от воздуха. Новые перспективы применения способа сварки сталей в активных защитных газах открыло использование смесей аргона с окислительными газами CO_2 и O_2 . Наибольшее распространение получили смеси $\text{Ar} + \text{CO}_2$, $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ и $\text{Ar} + \text{O}_2$. В зависимости от класса свариваемых сталей в составе смесей газов на основе аргона может присутствовать 0,5...8 % O_2 и 3...25 % CO_2 .

На основании выполненного анализа защитных газов в качестве защитного газа в проектной технологии применим газовую смесь $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$.

2.2 Выбор сварочной проволоки

В данном пункте рассматривается два вида проволок. Первый вариант проволоки – Св-06Х19Н9Т, второй вариант проволоки – Св-04Х19Н9. Сварочная проволока Св04Х19Н9 является аналогом проволоки Св-06Х19Н9Т. В числе преимуществ этих сварочных проволок можно отметить аккуратный вид и высокие прочностные характеристики сварных швов, стабильность горения сварочной дуги, низкий расход материалов. Выбор сварочной проволоки зависит от особенностей состава и эксплуатации свариваемого изделия. Различные задачи требуют для своего решения использования разных видов сварочной проволоки. Главными требованиями, предъявляемыми к сварочным проволокам являются: чистота проволоки – отсутствие на её поверхности окислений и грязи; сварочная проволока должна соответствовать составу основного металла, также у них должна совпадать температура плавления. В данном случае сварочная проволока Св-06Х19Н9Т имеет большую схожесть со свариваемым металлом, например, наличие титана. Титан положительно влияет на структуру сварного шва, делая ее мелкозернистой и тем самым улучшая его динамические характеристики.

Выбранный вариант – Св-06Х19Н9Т.

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки Св-06Х19Н9Т, %

С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Ti
≤0,08	1,0...2,0	0,4...1,0	≤0,015	≤0,03	18...20	8...10	0,5...1,0

2.3 Расчёт параметров режима роботизированной сварки

2.3.1 Общие сведения о параметрах режима сварки

Параметрами режима сварки в смеси защитных газов проволоками сплошного сечения являются [16]:

- род, полярность сварочного тока и форма его импульса;
- диаметр сварочной проволоки;
- сила сварочного тока;
- величина напряжения сварочной дуги;
- величина скорости подачи электродной проволоки;
- величина вылета электродной проволоки;
- задаваемый расход защитного газа;
- скорость ведения сварки;
- положение сопла горелки относительно сварного шва.

2.3.2 Род и полярность сварочного тока

Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов может выполняться на переменном токе, однако, как показывает практика, более широка распространение сварка на постоянном токе. Выбор полярности сварочного должен производиться исходя из того, что сварка на прямой полярности вызывает нестабильное горение дуги [16]. На основании этого применим сварку на постоянном токе обратной полярности.

2.3.3 Диаметр электродной проволоки

Для механизированной сварки производят проволоки диаметром от 0,5 до 3 мм. Необходимую толщину сварочной проволоки выбирают в зависимости от толщины сварных деталей и пространственного положения шва в пространстве. Сварка проволокой малого диаметра отличается более устойчивым горением дуги и большой глубиной проплавления металла. Разбрызгивания металла менее интенсивные. Повышается коэффициент наплавленного металла. С увеличением диаметра сварочной проволоки необходимо повышать силу сварочного тока и соответственно наоборот.

Исходя из размерности электродной проволоки (0,8 мм, 1,0 мм, 1,2 мм и 1,6 мм) применительно к сварке рассматриваемой детали зададим диаметр

проволоки 1,2 миллиметра. Такой диаметр позволит обеспечить стабильное горение дуги и требуемую скорость переноса металла в сварочную ванну.

2.3.4 Значение силы тока сварки

Значение силы тока сварки влияет на глубину проплавления, а также на производительность получения неразъемных сварных соединений. От силы сварочного тока при сварке во многом зависит производительность процесса. Устанавливается ток в зависимости от используемого диаметра электродной проволоки и толщины конструкции. Чем больше значение силы тока, тем больше глубина проплавления шва. Сила тока при механизированных методах сварки связана со скоростью подачи проволоки и регулируется изменением скорости подачи.

Силу сварочного тока для случая сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения рассчитываем следующим образом:

$$I_{\text{нв}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{в}}^2 \cdot \alpha}{4}, \quad (2.1)$$

где $I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А; $d_{\text{в}}$ – диаметр электродной проволоки, мм; α – задаваемое значение плотности тока в проволоке (110...130 А/мм²).

$$I_{\text{св}} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot (110...130)}{4} = 120...150 \text{ А.}$$

2.3.5 Значение напряжения сварочной дуги

При выборе напряжения на дуге руководствуются установленной силой тока. Регулировать напряжение дуги можно изменяя напряжение холостого хода источника питания. При сварке на высоком напряжении дуги возможно ухудшение газовой защиты и как следствие образование пор. Увеличение напряжения приводит к увеличению разбрызгивания и росту ширины шва. Глубина шва уменьшается, поэтому для механизированной сварки необходимо выбирать не высокие показатели напряжения на дуге.

Задаваемое значение напряжения дуги и расхода защитного газа должны находиться в соответствии значению силы сварочного тока согласно табл. 2.2 [16]. Для нашего случая примем значение напряжения дуги равным 21...22 В.

Таблица 2.2 – Соотношение силы сварочного тока, задаваемого напряжения дуги и расхода защитного газа

Ток сварки, А	50-60	90-100	150-160	220-240	280-300	360-380	430-450
Напряжение дуги, В	17-28	19-20	21-22	25-27	28-30	30-32	32-34
Расход CO ₂ , л/мин	8-10	8-10	9-10	15-16	15-16	18-20	18-20

2.3.6 Величина скорости подачи электродной проволоки

Задаваемое значение скорости подачи электродной проволоки для фиксированного напряжения на дуге определяет на стабильность горения дуги. Скорость подачи проволоки регулируется вместе с током. Если при сварке наблюдаются короткие замыкания необходимо понизить скорость подачи, а при возникающих обрывах дуги скорость подачи повышают. Правильно выбранная скорость подачи проволоки отличается стабильным процессом горения дуги.

Для вычисления скорости подачи проволоки может быть использована формула, предусматривающая выполнение расчётов в зависимости от силы сварочного тока $I_{св}$ и заданного диаметра электродной проволоки $d_{пр}$:

$$V_{i\delta} = \frac{4\alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{пр}^2 \cdot \rho}, \quad (2.2)$$

где α_p – коэффициент расплавления проволоки, г/А·ч; ρ - плотность материала проволоки, г/см³.

Для расчёта значения коэффициента α_p может быть использована следующая формула:

$$a_{\delta} = 3,0 + 0,08 \frac{I_{\text{нн}}}{d_{\text{э}}}. \quad (2.3)$$

Таким образом, на основании вычислений согласно (2.2) и (2.3) получаем:

$$a_p = 3,0 + 0,08 \frac{150}{1,2} = 13 \text{ г/А}\cdot\text{ч}; \quad V_{\text{пр}} = \frac{4 \cdot 13 \cdot 150}{3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 7,8} = 220 \text{ м/ч}.$$

2.3.7 Размер вылета электродной проволоки

Вылет – расстояние между концом проволоки и токоподводящим наконечником. Выпуск – расстояние между концом проволоки и соплом горелки. Слишком высокий вылет ухудшает формирование шва и устойчивость горения сварочной дуги, интенсивнее разбрызгивается металл. При малом вылете возможно подгорание сопла и токоподводящего наконечника горелки.

При большом выпуске конца проволоки возможен выход из газовой защиты. Маленький выпуск затрудняет визуальное наблюдение за процессом сварки. Более сложно выполнять угловые швы.

При применении роботизированной сварки и современных источников питания сварочной дуги следует ожидать высокой устойчивости процесса горения дуги. По этой причине можно принять максимальное значение вылета. Для принятого диаметра электродной проволоки вылет электродной проволоки составляет 8...15 миллиметров. Принимаем значение вылета электродной проволоки равным 15 миллиметров.

2.3.8 Задаваемый расхода защитного газа

Расход газа во многом зависит от диаметра сварочной проволоки и тока. При сварке на открытых монтажных площадках или сквозняках

необходимо увеличить расход защитного газа. Для улучшения газовой защиты также снижают скорость сварки или приближают сопло горелки к поверхности металла. Для удержания защитного газа вблизи зоны сварки можно использовать защитные экраны.

Средние значения расхода защитного газа лежат в диапазоне 5...20 л/мин. Так как рассчитанная сила сварочного тока составляет 150 А, то требуемый расход защитного газа будет составлять от 9 до 15 л/мин.

2.3.9 Скорость ведения сварки

Необходимо выбирать такую скорость при которой получается качественное формирование сварного шва. Толстостенные конструкции принято сваривать на высокой скорости формируя узкие швы. На высокой скорости сварки необходимо следить чтобы конец проволоки и металла шва не окислялся через выход из зоны защиты газа. На низкой скорости сварки ширина шва повышается из-за разрастания сварной ванны. Повышается способность образования пор. Скорости сварки может быть вычислена по формуле:

$$V_{\text{н\grave{a}}} = \frac{a_i \cdot I_{\text{н\grave{a}}}}{100 \cdot F_{\text{\grave{a}}} \cdot \rho}, \quad (2.4)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – задаваемое значение коэффициента наплавки, г/А·ч, $a_i = a_{\text{\delta}}(1 - \psi)$,

где ψ – заданное значение коэффициента потерь на угар и разбрызгивание (поскольку принимается сварка импульсным управлением горения дуги, следует принять $\psi=0,05$);

$F_{\text{в}}$ – площадь поперечного сечения валика сварного шва, см² (0,3 см²);

$$a_{\text{н}} = 13(1 - 0,05) = 12,35 \text{ г/А}\cdot\text{ч}; \quad V_{\text{св}} = \frac{12,35 \cdot 150}{100 \cdot 0,3 \cdot 7,8} = 8,5 \text{ м/ч}.$$

2.4 Выбор основного и вспомогательного оборудования

2.4.1 Общие требования к оборудованию

Оборудование для механизированной дуговой сварки в защитных газах должно включать профессиональные источники питания, которые предназначены для работы в тяжелых условиях. Аппараты должны иметь степень защиты не менее IP23. В комплектацию должны входить четырехроликовые выносные механизмы подачи проволоки с водяным охлаждением, которые позволяют подавать проволоку в шланги длиной до 6 м. Все требования к оборудованию, материалам, защитным газам изложены в разработанной технологической документации.

Можно отметить, что использование механизированной дуговой сварки в защитных газах с применением традиционных и современных сварочных материалов позволяет достичь требований, предъявляемых к эксплуатационным характеристикам элементов трубопровода.

2.4.2 Вспомогательное оборудование

В данной технологии определено, что необходимо получение прямолинейных продольных швов путем поочередного перемещения сварочной горелки и изделия. Изготавливаемая конструкция имеет изгиб на 90°, что дает возможность проводить сварку большей части сварного шва поворотом детали. Причем, ссылаясь на требования сварочного оборудования и технологии, сварка должна выполняться в нижнем положении. Такие условия легко будут выполняться такой вспомогательной установкой, как сварочный манипулятор (рис. 2.1). Сварочный манипулятор обеспечивает позиционирование заготовки с необходимой для сварки точностью и её перемещение в нужном направлении с заданной скоростью. Габаритные размеры манипулятора также позволяют его удобно установить для выполнения сварочных операций.

Таблица 2.3 – Технические характеристики сварочного манипулятора

Наименование показателя	Значение
Номинальная грузоподъемность, кг	700
Значение наибольшего крутящего момента на оси планшайбы, Н·м, не менее	2000
Наибольший диаметр кругового шва, мм	900
Габариты (длина×ширина×высота), мм	1200×1000×1400

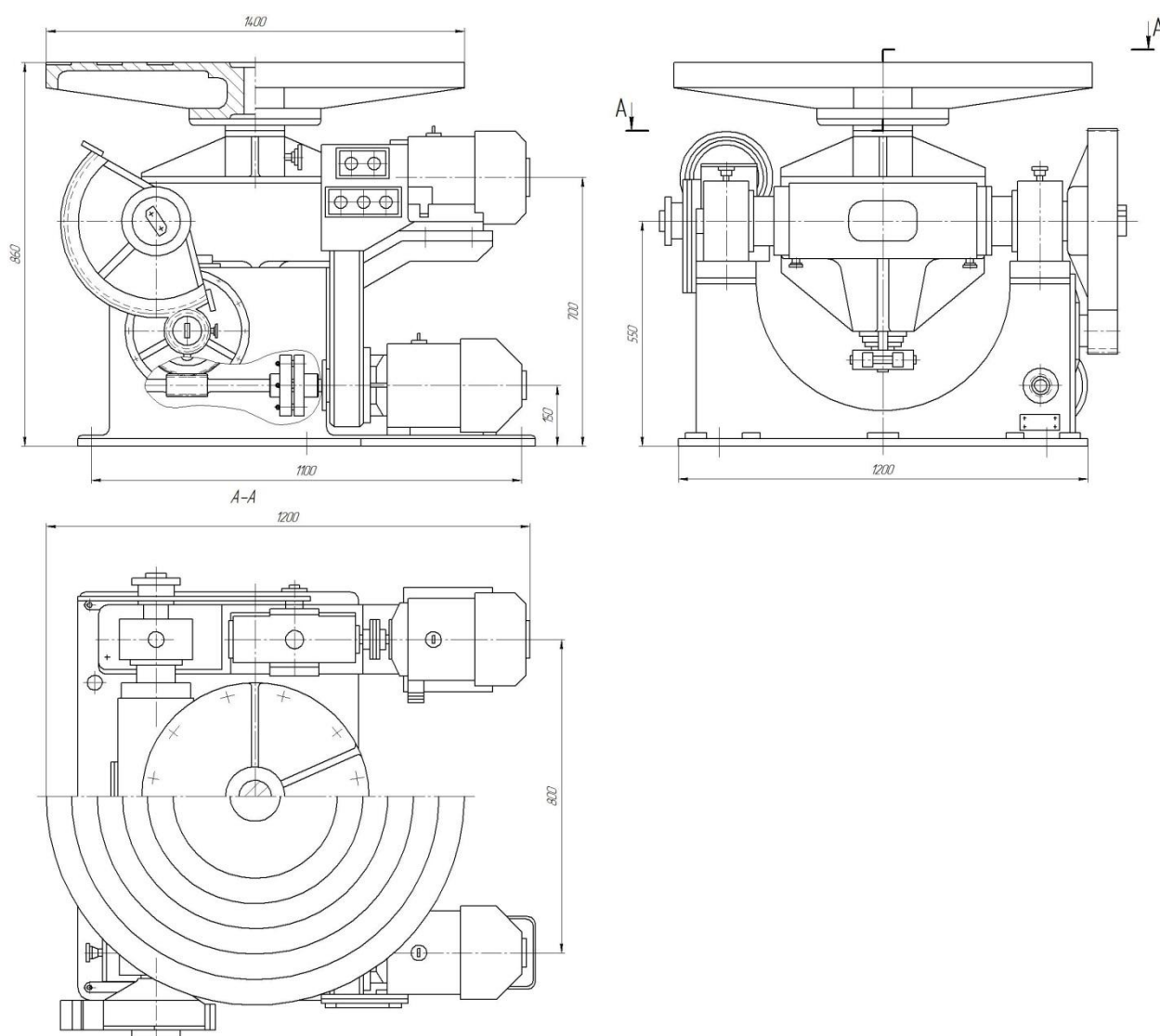


Рисунок 2.1 – Манипулятор сварочный

2.4.3 Сварочный робот

В проектной технологии применим первый компоновку сварочного робота со стационарным размещением механизма подачи проволоки и катушки с проволокой. Для этого подойдёт промышленный робот серии Arc Mate.

Роботы FANUC Robotics серии Arc Mate разработаны специально для дуговой сварки и за счёт оптимизации конструкции имеют увеличенную рабочую зону (рис. 2.2). Для выполнения сварных швов применим робот АМ 120iВ.

Таблица 2.4 – Технические характеристики роботов для дуговой сварки серии ARC Mate (FANUC Robotics)

Показатель	120iB	120iB/10L
Количество осей, шт.	6	6
Грузоподъёмность кисти, кг	20	10
Дополнительная нагрузка на ось А3, кг	20	12
Максимальный вылет, мм	1667	1885
Точность позиционирования, мм	±0,08	±0,1
Скорость перемещения по осям, °/сек	A1	165
	A2	165
	A3	175
	A4	350
	A5	340
	A6	520
Масса, кг	220	225

Робот АМ 120iВ предназначен для рациональной и экономичной сварки нелегированных, низколегированных и высоколегированных сталей, а также цветных металлов. Метод сварки в среде защитных газов применяется при электродуговой сварке. По сравнению с другими методами сварки он имеет следующие преимущества:

- высокая скорость сварки (до 22 м/мин);
- высокая производительность наплавки;

- оптимальная глубина проплавления;
- высокие механико-технологические коэффициенты качества;
- простота в обслуживании;
- снижение производственных затрат.

Arc Mate 120iB

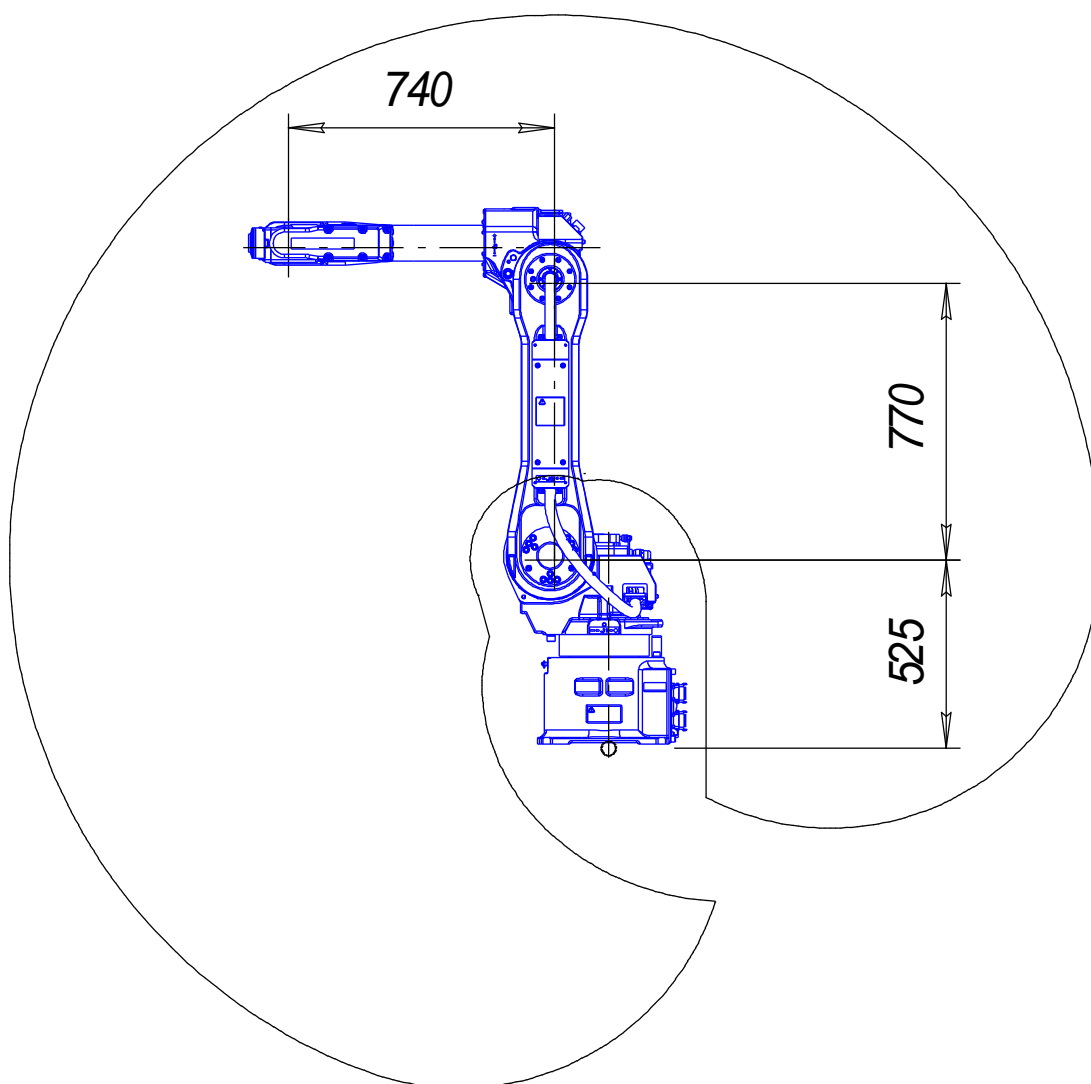


Рисунок 2.2 Манипулятор робота для дуговой сварки AM 120iB (FANUC)

2.4.4 Вспомогательный робот

В качестве средства автоматизации вспомогательных операций (схват и укладка заготовок, манипулирование сваренной деталью) применим промышленный робот М-710 iB/45-iAW производства FANUC Robotics. Это промышленный робот модульной конструкции с шестью осями подвижности. Данный робот предназначен для выполнения следующих технологических операций:

- загрузка/разгрузка оборудования;
- сборка;
- перемещение частей;
- укладка;
- обслуживание технологического оборудования.

Манипулятор робота (рис. 2.3) состоит из базисного основания 1, относительно которого по оси А1 производит вращение карусель 2, качающегося коромысла 3, основания руки 4, руки 5, кисти руки 6. На кисти размещается камера 7 с сенсором усилия 8 и схват детали 9.

Таблица 2.5 – Технические характеристики ПР М-710 iB/45-iAW

№	Наименование	Значение
1	Грузоподъёмность, кг	45
2	Количество осей, шт.	6
3	Точность позиционирования, мм	±0,15
4	Максимальный вылет, мм	1706
5	Масса манипулятора, кг	600
6	Масса контроллера, кг	240
7	Максимальная скорость перемещений по осям, град/сек: - А1 - А2 - А3 - А4 - А5 - А6	 160 120 150 240 240 340

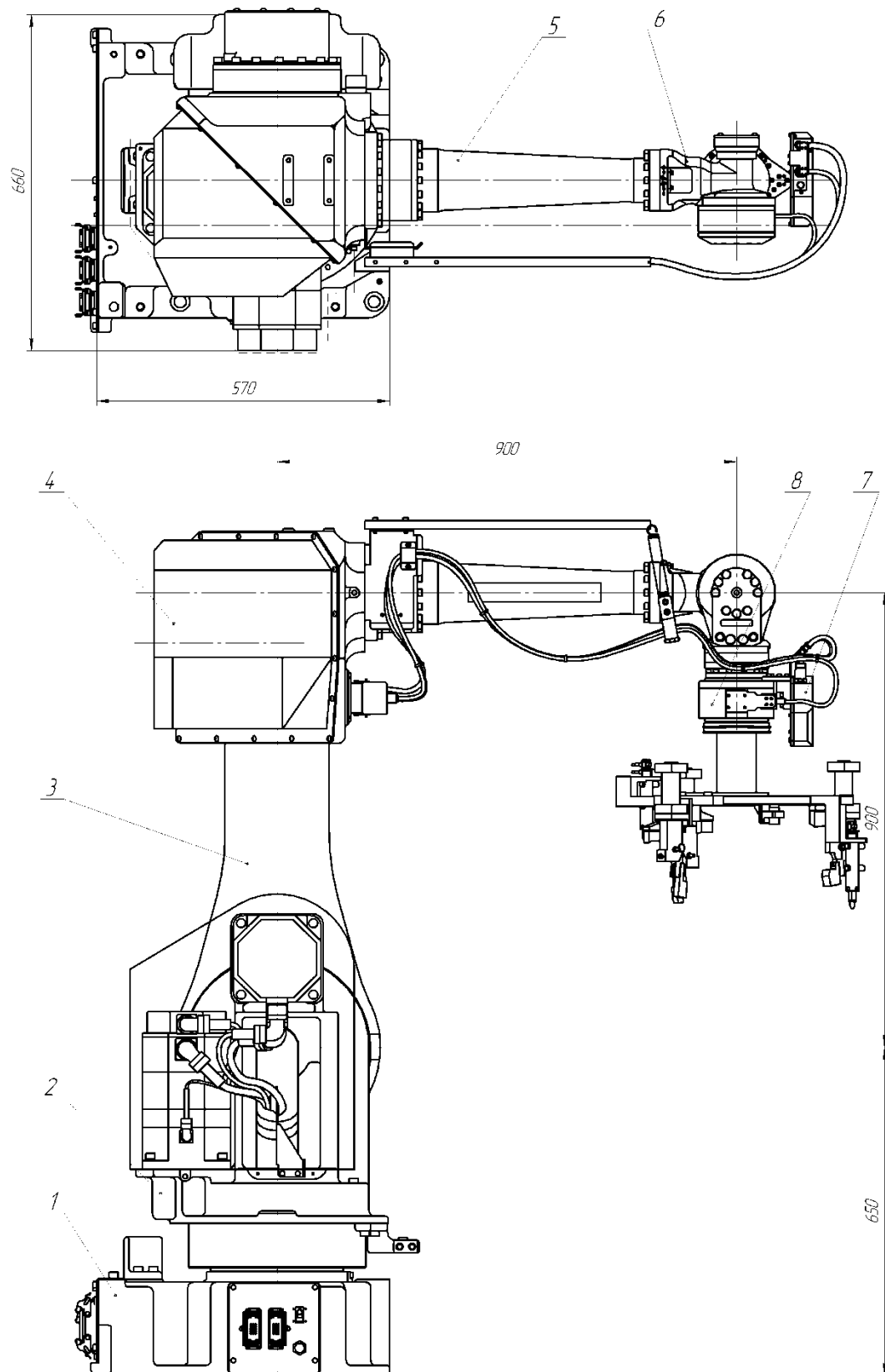


Рисунок 2.3 – Промышленный робот М-710 iV/45-iAW в сборе с системой объёмного видения и схватом детали

2.4.5 Роботизированный технологический комплекс

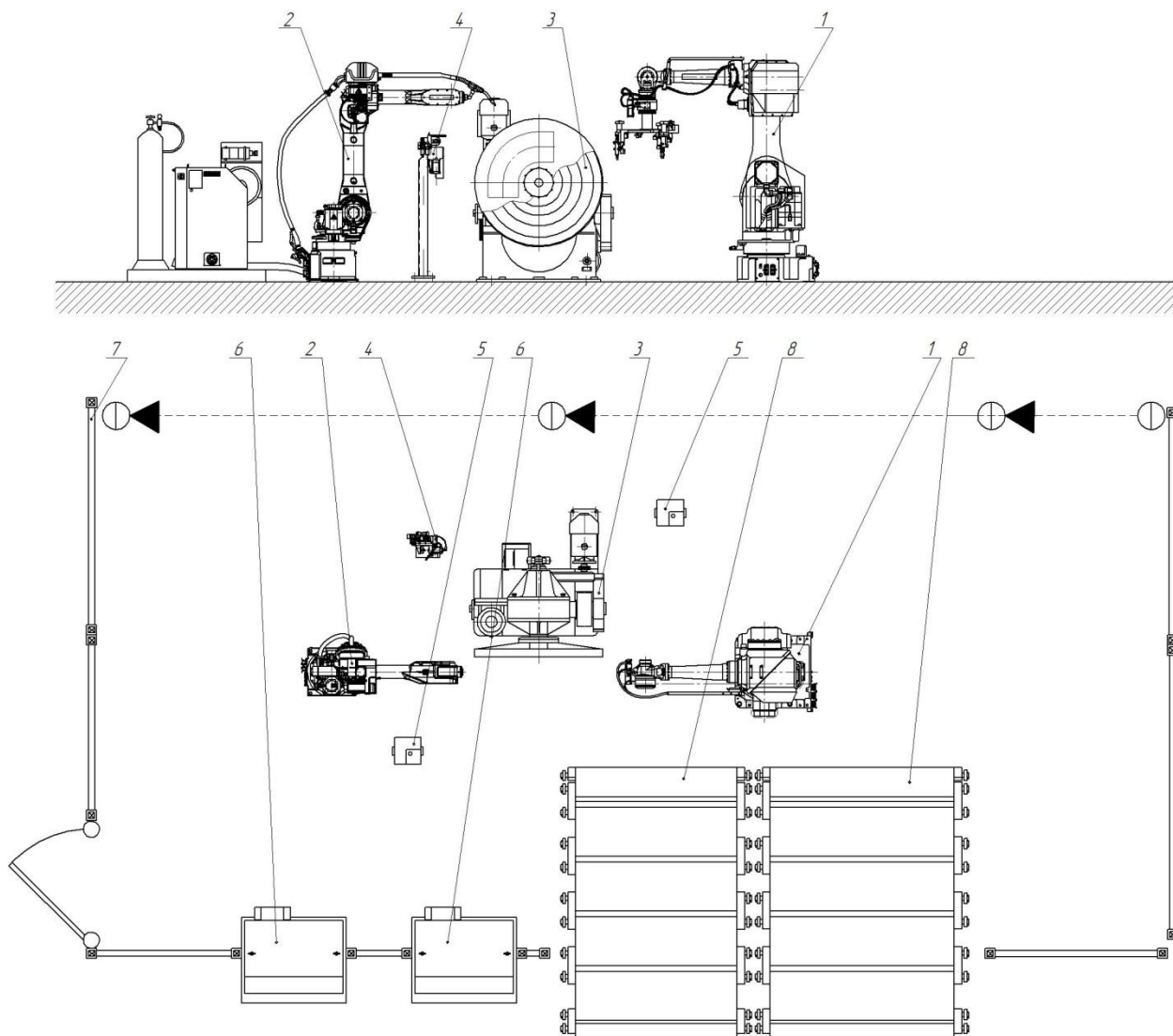
Роботизированный технологический комплекс (рис. 2.4) включает в себя:

- 1 – робот М-710iВ с оснасткой для схвата деталей – 1 шт.
- 2 – робот АМ-120iВ с оснасткой для дуговой сварки – 1 шт.
- 3 – узел разворота оснастки – 1 шт.
- 4 – стойка обслуживания сварочной горелки – 1 шт.;
- 5 – стойка концевого выключателя – 2 шт.
- 6 – шкаф управления роботом – 2 шт.
- 7 – ограда;
- 8 – транспортёр-накопитель – 2 шт.

Для обеспечения безопасности персонала при программировании РТК шкаф управления установлен таким образом, чтобы при манипуляциях с ним во-первых, оператор (и шкаф тоже) не оказался в рабочей зоне робота, а во-вторых, чтобы обеспечить оператору свободный просмотр программируемого робота и сварочной машины. Размещение обслуживающего рабочего, который закладывает заготовки на транспортёр-накопитель, выполнено таким образом, чтобы он ни при каких условиях не оказался в рабочей зоне робота.

Ограда снабжена калитками, через который возможен доступ на территорию комплекса. При этом открытие любой калитки приводит к остановке работы комплекса.

Зона загрузки деталей окружена световым барьером, так что при пересечении светового луча загрузочный робот останавливается.



1 – робот М-710iВ с оснасткой для схвата деталей; 2 – робот АМ-120iВ с оснасткой для дуговой сварки; 3 – узел разворота оснастки; 4 – стойка обслуживания сварочной горелки; 5 – стойка концевого выключателя; 6 – шкаф управления роботом; 7 – ограда; 8 – транспортёр-накопитель

Рисунок 2.4 – Роботизированный технологический комплекс для сборки и сварки фасонных деталей трубопровода

2.5 Технологический процесс сборки и сварки изделия

Сборка конструкции начинается с операции резка. Из поставляемого листа вырезаются заготовки, установкой с дисковыми ножницами Н4418.

Далее заготовки устанавливаются на гидравлический пресс марки К3033А. После операции холодной штамповки заготовка, уже в виде полуобечайки, поступает на операцию фрезерования для получения требуемого качества и разделки кромок.

Следующая операция – прихватка. На специальный стенд, с необходимым зазором, устанавливаются две полуобечайки образуя трубу. Прихватки выполняются сварочным полуавтоматом ПДГ – 421 со встроенным источником питания ВДУ – 506С. Также прихватываются выводные планки на концах каждого стыка длиной 100 мм изготовленные из стали 12Х19Н9Т. Прихватки, длиной 15 – 20 мм, выполняются через каждые 200 мм. После прихватки проверяются визуально-измерительным контролем. При обнаружении недопустимых дефектов прихватки удаляют, стык подготавливают и вновь накладывают прихватки, повторяют зачистку и контроль.

Высота усиления сварных швов должна быть следующей:

Толщина стенки трубы, мм	Высота усиления, мм
Менее 10	0,5...2
10...20	0,5...3
Более 20	0,5...4

Ширина усиления должна быть такой, чтобы наружные кромки фасок перекрывались на 2...3 мм с обеих сторон.

Операция сварка протекает следующим образом. Дуга зажигается на выводной планке первого участка первого сварного шва. В этот момент движение сварочной дуги по кромкам совершается за счет перемещения сварочной горелки. Второй участок первого сварного шва имеет криволинейное строение и его удобно выполнять одновременным вращением

планшайбы манипулятора и перемещением сварочного манипулятора. При повороте на 90° в направлении по часовой стрелке планшайба останавливается. После остановки планшайбы включается привод сварочного робота, завершается выполнение сварного шва №1. Далее планшайба поворачивается на 90° в том же направлении. При переходе от первого участка к второму привод сварочной головки прекращает движение, а планшайба в этот момент начинает движение со сварочной скоростью. При переходе со второго участка на третий происходит обратное. Манипулятор прекращает движение планшайбы, а привод сварочной горелки завершает второй сварочный шов. Дуга гаснет на выводной планке.

Следующая операция сборка. Полученную трубу и фланец согласно эскизу на третьем листе устанавливают на специальное приспособление, которое обеспечивает необходимую точность сборки. Выполняются прихватки длиной 30...50 мм с шагом в 300...400 мм.

Затем выполняется сварка стыка трубы и фланца установленных на планшайбе манипулятора сварочным роботом.

Далее выполняется операция сверление. На горизонтально-сверлильный станок устанавливается отвод. Зажимается пневмоприжимом. Выполняется сверление шестнадцати отверстий диаметром 16мм согласно чертежу детали.

После всех операций выполняется контроль качества. Первым выполняется визуально-измерительный контроль всех сварных соединений. Проверяются габаритные и внутренние размеры детали. Проводятся гидравлические испытания и ультразвуковой метод неразрушающего контроля.

ТУ на резку: [1]

- для резки рулона на листы применить гидроабразивную резку, точность реза $\pm 0,5$ мм;

- для получения контура заготовки также применить гидроабразивную резку, с точностью $\pm 0,1$ мм;

ТУ на контроль качества сварных соединений: [1,2]

- для выявления герметичности применить гидравлические испытания; давление $P = 1,5 \dots 2P_{\text{раб}} = 1,5 \dots 2$ (МПа).
- после гидравлического испытания не должны быть обнаружены признаки разрывов, течи, слезок и потения в сварном соединении и на основном металле, а также остаточных деформаций;
- для выявления внутренних дефектов применить ультразвуковой метод неразрушающего контроля;

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Участок роботизированной сварки содержит следующие оборудование: робот М-710iВ с оснасткой для схвата деталей; робот АМ-120iВ с оснасткой для дуговой сварки; узел разворота оснастки; стойка обслуживания сварочной горелки; стойка концевого выключателя; шкаф управления роботом; ограда; транспортёр-накопитель

Технологии, в которых предусмотрено в качестве основной операции выполнение сварки представляют собой источник опасных и вредных производственных факторов. Этот факт приводит к дополнительному усложнению и повышению стоимости оборудования для сварки. Влияние процесса сварки на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии роботизированной сварки фасонных частей трубопровода и предложены меры защиты персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Роботизированная дуговая сварка в защитных газах обладает высокой производительностью, она очень востребована в промышленности. Тем не менее, продолжаются поиски путей улучшения её санитарно-гигиенических характеристик. Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля, который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля и твердой составляющей сварочного аэрозоля.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса	Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса	Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса
1. Резка	Слесарь-инструментальщик	Дисковые ножницы, фрезерный станок, кран-балка	
2. Гибка заготовок	Слесарь-инструментальщик	Пресс однокривошипный	
3. Сборка	Слесарь-сборщик, наладчик роботов	Узел разворота оснастки; манипулятор M-710iB; система объёмного видения I-21i; схват механический; кондуктор сборочный	
4. Сварка	Слесарь-сборщик, наладчик роботов	Кондуктор сборочный; манипулятор AM-120iB; установка OrigoMIG 240	Сварочная проволока Св-06Х19Н9Т \varnothing 1,2 мм; Смесь газов Ar+CO+O ₂
5. Сверление	Слесарь-инструментальщик	Горизонтально-сверлильный станок	Сверло Р6М5
6. Контроль качества	Слесарь-сборщик, дефектоскопист	Лупа х4, ультразвуковой дефектоскоп, испытательный стенд	Рукавицы х/б, масло, вода техническая

3.2 Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Резка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны 	Дисковые ножницы, фрезерный станок, кран-балка, острые края листов
2. Гибка заготовок	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; 	Пресс однокривошипный
3. Сборка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны 	Узел разворота оснастки; манипулятор М-710iВ; система объёмного видения I-21i; схват механический; кондуктор сборочный

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны; - брызги расплавленного металла 	Кондуктор сборочный; манипулятор АМ-120iB; установка OrigoMIG 240
5. Сверление	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование 	Горизонтально-сверлильный станок
6. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне; - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений 	Ультразвуковой дефектоскоп

Роботизированная дуговая сварка в защитных газах обладает высокой производительностью, она очень востребована в промышленности. Тем не менее, продолжают поиски путей улучшения её санитарно-гигиенических характеристик. Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля, который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля и твердой составляющей сварочного аэрозоля.

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых деталей до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-
8. Повышенная запылённость и загазованность воздуха рабочей зоны;	Инструктаж производственного персонала	Местная и общеобменная вытяжная вентиляция
9. Брызги расплавленного металла	Инструктаж производственного персонала	Спецодежда, щиток сварщика, рукавицы

3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка фасонных частей трубопровода	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, сборочное приспособление, сварочный полуавтомат, аппарат ультразвукового контроля	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операции сварки, контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка фасонных частей трубопровода	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка фасонных частей трубопровода
Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу	На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение.

3.6 Заключение по разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества сварочных операций при производстве фасонных частей трубопровода. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение ручной дуговой сварки. Это вызывает возникновение значительного числа дефектов и является причиной дополнительных временных затрат на ремонт дефектных участков. Проектный вариант технологии предусматривает применение роботизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

Расчёт экономической эффективности целесообразно провести на одно изделие, учитывая операции технологии, подвергающиеся изменению по сравнению с базовым вариантом технологического процесса. Базовая и проектная технологии предусматривают выполнение следующих операций: заготовительной (первая операция); сборочной (вторая операция); сварочная (третья операция); контроль качества (четвёртая операция).

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

На основании этих данных будем вести расчёты технологической, цеховой и заводской себестоимости изготовления. Далее следует рассчитать размер капитальных затрат на изготовление изделия. Далее следует выполнить расчёт показателей экономической эффективности предлагаемых технологических решений.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Принятое значение стоимости эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м ²	16	40
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии	Цоб	Руб.	50 тыс.	4000 тыс.
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	10	30
Принятое значение стоимости электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,8
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
Время машинное	t _{МАШ}	час	1,0	0,2

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{CM} – продолжительность в часах рабочей смены;

D_p – суммарное для одного года число рабочих дней;

D_n – суммарное для одного года число предпраздничных дней;

T_n – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

$$F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

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

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_3 = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{маш}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{шт.баз}} = 1,0 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,21 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,2 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,242 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

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

где $F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4)

результаты вычисления:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/1,21 = 3395 \text{ изделий за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/0,242 = 16975 \text{ изделий за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя их принятого значения $П_{\Gamma} = 2000$ изделий за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

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

где $t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

$Пг$ – принятая годовая программа;

$F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{ВН}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{1,21 \cdot 2000}{4108 \cdot 1,03} = 0,57$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{0,242 \cdot 2000}{4108 \cdot 1,03} = 0,11$$

По результатам проведённых расчётов следует принять по одной единице технологического оборудования при реализации базовой технологии и проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{расч}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{пр}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Kзб = 0,57/1 = 0,57$$

$$Kзп = 0,11/1 = 0,11$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

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

где C_M – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{Т-З}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

$$M_{\text{баз.}} = 100,94 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 44,37 \text{ рублей}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

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

где $C_{\text{ч}}$ – принятая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 1,21 \cdot 200 \cdot 1,88 = 454,96 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,242 \cdot 200 \cdot 1,88 = 91,00 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{доп}}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$\begin{aligned}Z_{\text{доп.базов.}} &= 454,96 \cdot 12 / 100 = 54,60 \text{ рублей;} \\Z_{\text{доп.проектн.}} &= 91,00 \cdot 12 / 100 = 10,92 \text{ рублей;} \\ФЗП_{\text{базов.}} &= 454,96 + 54,60 = 509,56 \text{ рублей;} \\ФЗП_{\text{проектн.}} &= 91,00 + 10,92 = 101,92 \text{ рублей.}\end{aligned}$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$\text{Осн} = \text{ФЗП} \cdot \text{Ксн} / 100, \quad (4.10)$$

где Ксн – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$\begin{aligned}\text{Осс}_{\text{баз.}} &= 509,56 \cdot 30 / 100 = 173,25 \text{ руб.} \\ \text{Осс}_{\text{проектн.}} &= 101,92 \cdot 30 / 100 = 34,65 \text{ руб.}\end{aligned}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

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

где $A_{\text{об}}$ – амортизация оборудования;

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

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{об}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot \text{На} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $\text{Ц}_{\text{об}}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

На – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{об.б} = \frac{50000 \cdot 21,5 \cdot 1}{4108 \cdot 100} = 2,61 \text{ рублей}$$

$$A_{об.нр} = \frac{4000000 \cdot 21,5 \cdot 0,2}{4108 \cdot 100} = 41,86 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{мах} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{э-эб} = \frac{10 \cdot 1 \cdot 3,02}{0,7} = 25,00 \text{ рублей}$$

$$P_{э-энр} = \frac{30 \cdot 0,2 \cdot 3,02}{0,8} = 13,13 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{баз.} = 2,61 + 25,00 = 27,61 \text{ рублей}$$

$$Зоб_{проектн.} = 41,86 + 13,13 = 55,00 \text{ рублей}$$

Размер затраты на содержание и эксплуатацию площадей вычисляем согласно формуле:

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

где $P_{пл}$ – размер расходов на эксплуатацию и содержание площадей;

$A_{пл}$ – амортизация площадей.

Размер расходов на содержание площадей вычисляем согласно формуле:

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

где $C_{\text{ЭКСПЛ}}$ – затраты на содержание площадей

S – площадь, занимаемая оборудованием.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$P_{\text{ПЛБ}} = \frac{2000 \cdot 16 \cdot 1,21}{4108} = 9,42 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{ПЛПР}} = \frac{2000 \cdot 40 \cdot 0,242}{4108} = 4,71 \text{ руб.}$$

Размер расходов на амортизацию площади вычисляем согласно формуле:

$$A_{\text{ПЛ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛ}} \cdot Na_{\text{ПЛ}} \cdot S \cdot t_{\text{ШП}}}{F_{\text{Э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $Na_{\text{ПЛ}}$ – норма амортизации площади;

$Ц_{\text{ПЛ}}$ – стоимость приобретения площадей

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.16) результаты вычисления:

$$A_{\text{ПЛБ}} = \frac{30000 \cdot 16 \cdot 5 \cdot 1,21}{4108 \cdot 100} = 7,07 \text{ руб}$$

$$A_{\text{ПЛПР}} = \frac{30000 \cdot 40 \cdot 5 \cdot 0,242}{4108 \cdot 100} = 3,53 \text{ руб}$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$З_{\text{ПЛБ}} = 9,42 + 7,07 = 16,49 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛПР}} = 4,71 + 3,53 = 8,24 \text{ руб.}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.17) результаты вычисления:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 100,94 + 509,56 + 173,25 + 27,61 + 16,49 = 827,85 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 44,37 + 101,92 + 34,65 + 55,00 + 8,24 = 244,18 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.18) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 827,85 + 1,5 \cdot 454,96 = 827,85 + 682,44 = 1510,29 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 244,18 + 1,5 \cdot 91,00 = 244,18 + 136,50 = 380,68 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

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

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 1510,29 + 1,15 \cdot 454,96 = 1510,29 + 523,20 = 2033,49 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 380,68 + 1,15 \cdot 91,00 = 380,68 + 104,65 = 485,33 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости базовой и проектной технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	100,94	44,37
2	Фонд заработной платы	ФЗП	509,56	101,92
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	173,25	34,65
4	Затраты на оборудование	Зоб	27,61	55,00
5	Затраты на площади	Зпл	16,49	8,24
	Себестоимость технологич.	Стех	827,85	244,18
6	Расходы цеховые	Рцех	682,44	136,50
	Себестоимость цеховая	Сцех	1510,29	380,68
7	Расходы заводские	Рзав	523,20	104,65
	Себестоимость заводская	С _{зав}	2033,49	485,33

4.6 Капитальные затраты по базовой и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{3.Б.}, \quad (4.20)$$

где K_3 – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

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

где $Ц_{\text{ПЕРВ}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

N_A – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$Ц_{\text{ОБ.Баз.}} = 500000 - (500000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 17750 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 17750 \cdot 0,57 = 10117,50 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.22)$$

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

$K_{\text{ПЛ}}$ – принятая величина капитальных вложений в площади;

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

$$K_{\text{ОБПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.23) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБПР}} = 4000000 \cdot 1,05 \cdot 0,11 = 462000 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

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

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 50000 \cdot 0,05 = 2500 \text{ руб.}$$

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

где $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) и в формулу (4.26) результаты вычисления:

$$K_{\text{МОНТ}} = 4000000 \cdot 0,05 = 200000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 25000 + 200000 = 22500 \text{ руб.}$$

Вычисляем размер затрат на дополнительные площади:

$$K_{\text{ПЛ}} = (40 - 16) \cdot 30000 = 720000$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = 462000 + 720000 + 22500 = 1204500 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}}. \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.27) результаты вычисления:

$$K_{\text{доп}} = 1204500 - 10117 = 1194383 \text{ руб.}$$

4.7 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.28) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{1,21 - 0,242}{1,21} \cdot 100\% = 80\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

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

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$P_T = \frac{100 \cdot 80}{100 - 80} = 400\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техб}} - C_{\text{техпр}}}{C_{\text{техб}}} \cdot 100\% \quad (4.30)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{827,85 - 244,18}{827,85} \cdot 100\% = 70,5\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (4.31)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (2033,49 - 485,33) \cdot 2000 = 3096320 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{у.г.}}} \quad (4.32)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1194383}{3096320} = 0,4$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{у.г.}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$\text{Э}_{\Gamma} = 3096320 - 0,33 \cdot 1194383 = 2702174 \text{ руб.}$$

4.8 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты:

уменьшить трудоемкость на 80 %, увеличить производительность труда на 400 %, уменьшить технологическую себестоимость на 70,5 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 3,1 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 2,7 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,4 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение технологических свойств роботизированной сварки в защитных газах при изготовлении фасонных элементов трубопроводов.

Сварка фасонных частей трубопровода с использованием ручной дуговой сварки штучными электродами имеет следующие недостатки:

1) тяжёлые условия труда сварщика; 2) низкая производительность сварочных операций; 3) повышенный расход электродного металла на разбрызгивание и огарки; 4) появление большого числа дефектов и необходимость их исправления.

При анализе альтернативных способов сварки были рассмотрены: ручная дуговая сварка штучными электродами, сварка проволоками сплошного сечения, сварка порошковой проволокой, сварка в аргоне неплавящимся электродом. Принято решение использовать сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

На основании анализа состояния вопроса были сформулированы задачи: 1) Выбор сварочных материалов и параметров режима для роботизированной сварки изделия; 2) Выбор оборудования для роботизированной сварки изделия; 3) Составление проектной технологии сварки с применением предложенных ранее технических решений.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 2,7 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Либерман, Л.Я. Справочник по свойствам сталей, применяемых в котло- турбостроении / Л.Я. Либерман. – М-Л.: Машгиз. – 1958.
- 2) <http://www.docload.ru/Basesdoc/4/4033/index.htm>
- 3) Коломийцев, Е.В. Коррозионно-усталостная прочность тавровых соединений стали 12Х18Н10Т и методы её повышения / Е.В. Коломийцев // Автоматическая сварка. – 2012. – № 12. – С. 41–43.
- 4) Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 5) Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г.А. Николаев (пред.) [и др.] – М.: Машиностроение, 1978 – т.2. / Под ред. А.И. Акулова, 1978. – 462 с.
- 6) Лозинский, М.Г. Исследование структуры аустенитной стали при различных формах цикла упруго-пластического высокотемпературного деформирования / М.Г. Лозинский, А.Н. Романов, В.В. Малов // В кн.: Структурные факторы малоциклового разрушения металлов. М.: Наука, 1977. С.65-86.
- 7) Коломийцев, Е. В. К выбору базы испытаний корпусных сталей на коррозионную усталость / Е.В. Коломийцев, И.В. Карпов // Судостроение. — 1986. — № 10. — С. 39–40.
- 8) Патон, Б.Е. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса / Б.Е. Патон, А.Г. Потапьевский, И.В. Подола // Автоматическая сварка. – 1964. – № 1. – С. 1–6.
- 9) Патон, Б.Е. Управление процессом дуговой сварки путем программирования скорости подачи электродной проволоки / Б.Е. Патон, Н.М. Воропай, В.Н. Бучинский [и др.] // Автоматическая сварка. – 1977. – № 1. – С. 1–5, 15.

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

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

12) Коломийцев, Е.В. Коррозионно-усталостная прочность тавровых соединений стали 12Х18Н10Т и методы её повышения / Е.В. Коломийцев // Автоматическая сварка. – 2012. – № 12. – С. 41–43.

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

14) А.с. 448106 СССР, В 23 к 35/38. Защитная газовая смесь / Б.Е. Патон, А.В. Кирсанов, В.В. Подгаецкий и др. – Приор. 26.06.72. Оpubл. 30.10.74; Бюл. № 40.

15) Шлепаков, В.Н. Современные электродные материалы и способы электродуговой сварки плавлением / В.Н. Шлепаков // Автоматическая сварка. – 2011. – № 1. – С. 31–35.

16) Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А.Г. Потапьевский // М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

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

18) Грачева, К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства: учебное пособие для студентов вызов, обучающихся по специальности "Оборудование и технология сварочного производства" / К. А. Грачева. – М. : Машиностроение, 1984. – 386 с.

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

20) Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.