

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс сборки и сварки полиэтиленовых труб в системе подачи реагентов

Студент

Н.В. Александров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

## **Аннотация**

Цель настоящей работы – экономия материалов при сварке трубопроводов подачи реагентов в противогололедных системах.

Для достижения цели работы решены следующие задачи:

1. Выбраны режимы сварки труб
2. Разработан технологический процесс сварки труб подачи реагентов;
3. Подобрано необходимое оборудование;
4. Выполнен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Выполнена экономическая оценка варианта сварки трубопровода подачи реагентов способом нагретого инструмента.

Пояснительная записка содержит 56 страниц, 8 рисунков 9 таблиц.

С учетом высокой стоимости муфт, применяемых в базовом варианте для сварки трубопровода подачи реагентов для устранения обледенения проезжей части дорог предложен вариант сварки нагретым инструментом. Для разработки процесса сварки полиэтиленового трубопровода нагретым элементом определены режимы сварки, разработана последовательность выполнения операций, подобрано оборудование.

Выполненные расчеты показывают, что годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составит 17340 руб.

## **Abstract**

The purpose of this work is to save materials when welding reagent supply pipelines in deicing systems.

To achieve this goal the following tasks have been completed:

1. The selected modes of welding of pipes
2. the technological process of welding reagent supply pipes has been Developed;
3. Selected the necessary equipment;
4. the analysis of the proposed technology for the safety of life and health of production personnel was Performed;
5. the economic evaluation of the option of welding the reagent supply pipeline using a heated tool was Performed.

The explanatory note contains 56 pages, 8 figures and 9 tables.

Taking into account the high cost of couplings used in the basic version for welding the reagent supply pipeline to eliminate icing of the roadway, a variant of welding with a heated tool is proposed. To develop the process of welding a polyethylene pipeline with a heated element, welding modes are defined, a sequence of operations is developed, and equipment is selected.

The calculations show that the annual economic effect, taking into account capital investments, will amount to 17340 rubles.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	6
1.1 Описание противогололедной системы .....	6
1.2 Особенности полиэтилена, как конструкционного материала .....	7
1.3 Анализ труб из полиэтилена .....	9
1.4 Маркировка труб из полиэтилена.....	11
1.5 Базовая технология сварки трубопровода подачи реагентов .....	13
1.6 Анализ возможных способов сварки .....	16
1.7 Задачи работы.....	19
2 Разработка проектного технологического процесса сварки.....	21
3 Безопасность и экологичность проекта .....	27
3.1 Технологическая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	27
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	28
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков .....	29
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	30
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	31
3.6 Заключение по разделу .....	33
4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений .....	34
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов .....	34
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	37
4.3 Расчет затрат на применяемое оборудование .....	38
4.4 Расчет технологической себестоимости .....	41
4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	48
4.6 Выводы по разделу.....	50
Заключение .....	51
Список используемых источников.....	52

## Введение

Трубопроводы из полиэтилена и других полимерных материалов в последние годы находят все более широкое применение. Их используют для транспортировки самых разнообразных сред. Например, в автоматических противогололедных системах по трубопроводам выполняется подача противогололедных реагентов от емкости к дорожному полотну. В состав реагента, например, BIONORD UNIVERSAL входят хлориды кальция и натрия, карбамид и формиат натрия. Перечисленные соли при взаимодействии со стальными трубопроводами, не из коррозионно-стойких сталей, быстро выведут их из строя. В состав некоторых реагентов вводят ингибиторы коррозии, тем не менее, трубопроводы из полиэтилена коррозионному действию указанных веществ не подвержены в принципе.

Другим важным моментом при строительстве трубопроводов являются лучшие технологические характеристики полиэтилена. Сварка полиэтилена, в основном, автоматизирована и технологически проще. Существует два варианта получения сварных соединений при строительстве трубопроводов из полимерных труб, с помощью муфт и нагретым элементом. Оба способа основаны на тепловом воздействии на соединяемый материал, но температура воздействия существенно ниже, чем при сварке сталей. Значит, расход электрической энергии значительно меньше.

Однако применяемая технология соединения муфтами характеризуется значительным расходом дорогостоящих муфт. Следует отметить, что в отличие от сварки сталей обеспечить равнопрочность при сварке полимеров можно с применением муфт – за счет нахлестки. Но необходимость равнопрочности на трубопроводах подачи реагентов вызывает сомнения.

Таким образом можно сформулировать цель работы следующим образом – экономия материалов при сварке трубопроводов подачи реагентов в противогололедных системах.

## 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

### 1.1 Описание противогололедной системы

Общий вид одного из вариантов противогололедной системы представлен на рисунке 1.1.

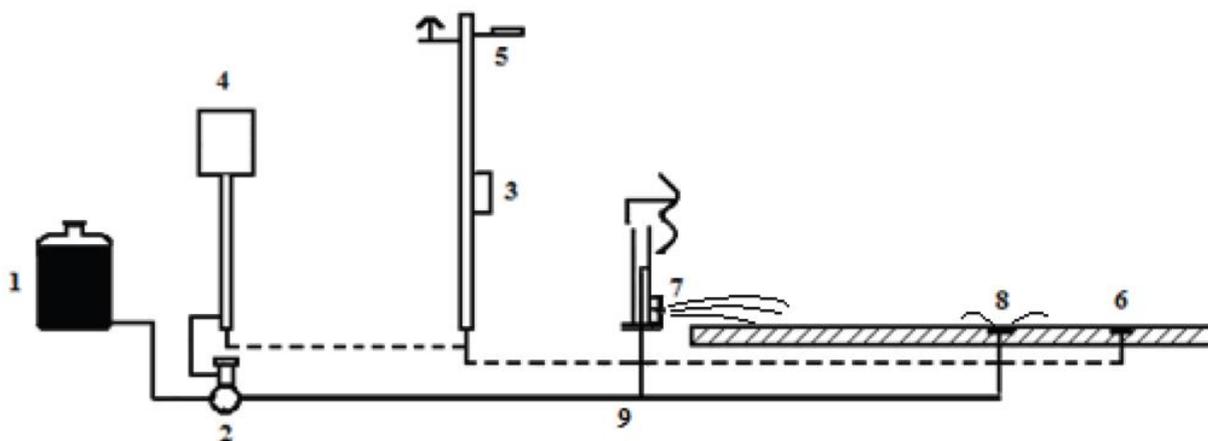


Рисунок 1.1 – Противогололедная система, общий вид

Полиэтиленовые трубопроводы в данной системе выполняют функции подачи реагентов из бака 1 к разбрызгивающим головкам 7 и распределяющим тарелкам 8. Подача выполняется насосом 2, который получает команды от блока управления 4. Сведения о дорожной обстановке блок управления получает от дорожных датчиков 6 и дорожной станции 5.

Причем, как было сказано выше, данная система может заранее нанести на дорожное покрытие соответствующие реагенты и тем самым предотвратить обледенение.

Трубопроводы 9 проложены по направлению проезжей части дороги таким образом, чтобы исключить совпадение цикла движения транспорта и цикла разбрызгивания, иначе реагент может попадать на транспорт.

Применительно к российским реалиям распределяющие тарелки не устанавливают. В России часто приходится менять покрытие дорожного полотна, понятное дело, летом +40, зимой -40, поэтому нужен демонтаж-монтаж тарелок, что значительно увеличивает трудоемкость ремонта дорожной сети.

Важным преимуществом противогололедной системы является то, что по показаниям дорожной станции реагент можно нанести заблаговременно. Согласитесь, глупо чистить дорогу заблаговременно, до того, как выпал снег.

Длина обрабатываемого от одной дорожной станции участка может достигать 5000 м. Таким образом, можно предположить, что длина участка трубопровода подачи реагентов не более 5000 м. Трубопровод подачи выполняют из полиэтилена. Диаметр трубопровода из полиэтилена определяется с учетом требуемой пропускной способности. В свою очередь пропускная способность определяется количеством полос движения.

## 1.2 Особенности полиэтилена, как конструкционного материала

В состав полимера полиэтилена входят всего два химических элемента – углерод и водород. Химическая формула этилена  $C_2H_4$ . Отдельные молекулы этилена объединяются в полимерные цепочки. Однако непосредственно в полиэтилене, как пластмассе, содержатся добавки. Так черный цвет трубопроводы полиэтилена получают за счет содержания сажи. Введение сажи позволяет минимизировать действие солнечной радиации на полимер. Вообще, в состав пластмасс вводят стабилизаторы, пластификаторы, наполнители. Пластификаторы улучшают технологические и эксплуатационные свойства полимера. Наполнители улучшают механические характеристики и другие показатели пластмасс.

Помимо влияния на характеристики пластмасс добавок важную роль играет пространственная ориентация полимерных нитей, длина макромолекул.

Так в состав линейных макромолекул вида



входит значительное число мономерных звеньев, соединенных ковалентными связями. Протяженность макромолекулы такого вида может достигать  $1,25 \cdot 10^6 \text{ \AA}$ , а отношение длины к диаметру –  $2,54 \cdot 10^5$ . Типичными

представителями линейных полимеров являются полиэтилен, поликапроамид и политетрафторэтилен [8].

Разветвленные полимеры содержат в макромолекуле статистически или регулярно расположенные ответвления иного или того же, что и основная цепь, химического строения, рисунок 1.2:

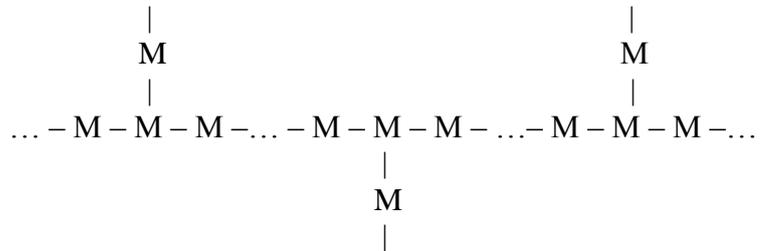


Рисунок 1.2 – Разветвленный полимер

К таким полимерам относится полиметилметакрилат. При одном и том же химическом составе для разветвленных макромолекул характерны затруднения при укладке в процессе кристаллизации [8].

В пространственных полимерах макромолекулы соединены между собой посредством поперечных связей – мостиков, которые могут состоять из атомов или групп атомов, рисунок 1.3:

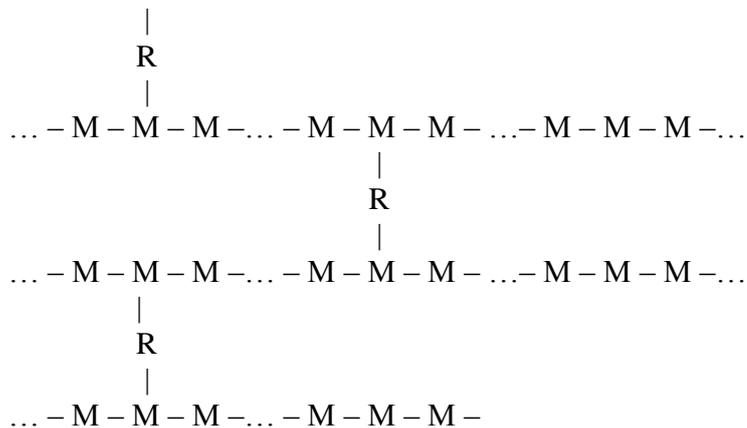


Рисунок 1.3 – Пространственный полимер

Поперечные связи отрицательно влияют на способность плавиться, растворяться и пластически деформироваться. При нагреве такие полимеры только размягчаются, а в растворителях лишь набухают.

Кроме того, применительно к полиэтилену его свойство во многом определяется плотностью.

В стандартах по плотности полиэтилен классифицируется как ПНП, ПСП, ПВП – низкой, средней и высокой плотности.

В процессе строительства трубопроводов из полиэтилена следует помнить о его чувствительности к ультрафиолетовой радиации и теплу. Под воздействием указанных факторов полиэтилен охрупчивается и теряет свои пластические характеристики. Таким образом, под действием открытого солнца полиэтиленовые трубы не должны находиться при хранении и готовый трубопровод также не должен эксплуатироваться под действием солнечных лучей.

Полиэтилен начинает размягчаться при температуре 120°C [5]. Значит, до данной минимальной температуры следует греть трубу при сварке.

### **1.3 Анализ труб из полиэтилена**

Применение полимерных материалов при строительстве трубопроводов коренным образом изменило индустрию прокладки трубопроводов. Полипропиленовые трубы полностью вытеснили в жилом секторе стальные трубы. Технология их соединения отличается простотой. Трубы из полиэтилена широко применяют для прокладки систем газоснабжения, водоснабжения. Если брать мировые масштабы, то свыше 90% строящихся распределительных систем газа и воды сейчас делают из полиэтиленовых труб.

Это обусловлено следующими преимуществами труб из полиэтилена:

1. Высокая стойкость в процессе эксплуатации, если исключено, как указано было выше действие ультрафиолета и тепла;
2. Внутренняя полость труб из полиэтилена не закрывается продуктами коррозии и карбонатными отложениями, поэтому пропускная способность полиэтиленовых труб с течением времени не снижается;

3. Кроме того, изначально пропускная способность труб из полиэтилена выше, поверхность полиэтиленовой трубы гладкая и потоку проходящей среды оказывает меньшее сопротивление;
4. Высокая производительность в процессе монтажа трубопровода;
5. Как было указано выше, температура, при которой выполняется сварка полиэтиленовых труб, почти в 5 раз меньше, чем температура плавления стали, следовательно, меньше расход электроэнергии;
6. Трубы из полиэтилена малого диаметра могут поставляться бухтами, большой длины, при этом количество сварных соединений уменьшается на порядок;
7. Поскольку трубы из полиэтилена легкие, их можно привезти к месту монтажа одним и тем же транспортным средством в большем количестве, снижаются расходы на транспорт. Кроме того, проще разгрузка и транспортировка по производственному участку более легких полимерных труб а также манипуляции с трубами при монтаже;
8. Полезным свойством является пластичность полимера, так гидроудары, фатальные для стальных труб, не представляют угрозы для полиэтиленовых. Кроме того, замерзание перекачиваемого по стальным трубам продукта разрушает их, а полимерная труба не разрушается.

Есть и другие преимущества у трубопроводов из полимеров, которые следуют из перечисленных. Так меньшее сопротивление потоку у полиэтиленовых труб позволяет применять полиэтиленовые трубы меньшего диаметра, чем стальные. В частности, при ремонте стальных трубопроводов не выполняя земляных работ внутри стального трубопровода пропускают полимерный, и он справляется с требуемым количеством пропускаемой среды.

Полиэтилен обладает меньшей теплопроводностью, чем сталь, поэтому не нуждается в теплоизоляции. Также не требуется нанесение лакокрасочных покрытий.

Главные два недостатка – под влиянием солнечных лучей распадаются

длинные полимерные нити – деструкция полимера. Кроме того, полиэтилен не отличается высокой твердостью.

#### 1.4 Маркировка труб из полиэтилена

В настоящее время в практике используют полиэтиленовые трубы двух марок, ПЭ 80 и ПЭ 100. Трубы марки ПЭ-63 не выпускаются и могут находиться где то в аварийных запасах [12].

В маркировке цифры означают величину давления, которое трубы выдержат в течении 50 лет без разрушения. ПЭ 80 выдерживают 8 МПа, ПЭ 100 выдерживают 10 МПа. Таким образом, трубы из ПЭ 100 прочнее.

Для того, чтобы можно было ориентироваться, что это за конкретная труба, маркировку наносят на них, рисунок 1.4.

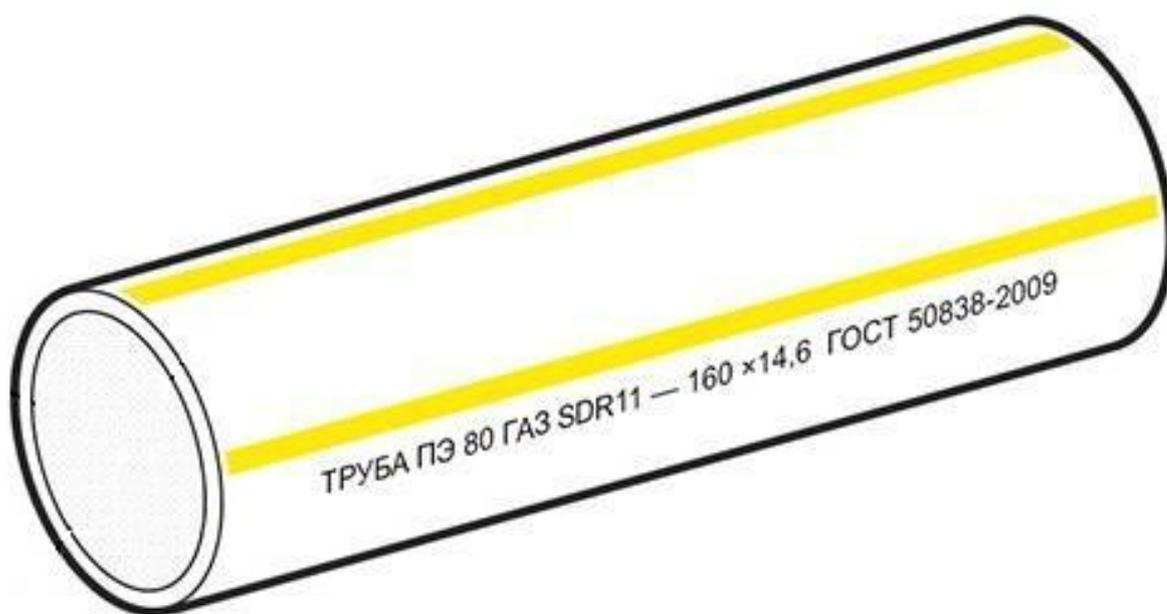


Рисунок 1.4 – Маркировка трубы

Желтые полосы означают, что труба предназначена для транспортировки газа, если воды, то полосы голубые. SDR11 означает, соотношение диаметра трубы и толщины стенки. Затем идет номинальный диаметр трубы и толщина стенки. Если диаметр трубы – 160 мм разделить на толщину стенки, 14,6 мм, то как раз и получим 11. Ну и затем ГОСТ, согласно которому данная труба изготовлена [6].

Аббревиатура SDR расшифровывается (Standart Dimension Ratio) –

соотношение размеров, отношение наружного диаметра к толщине стенки, рисунок 1.5.

Понятное дело, чем больше SDR для данного диаметра, тем больше толщина стенки.

Важным для трубопровода является еще величина MOP

$$MOP = \frac{2MRS}{(SDR - 1)C \cdot C_t}$$

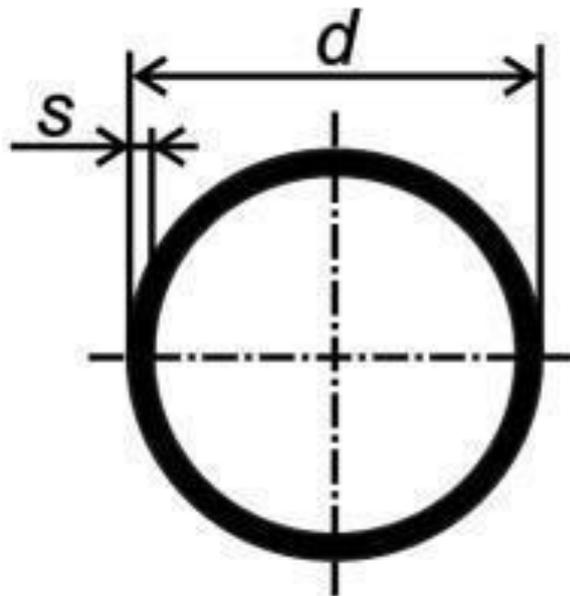


Рисунок 1.5 – Размеры трубы, учитываемые при определении SDR

Этот параметр соответствует максимальному давлению в трубопроводе. MRS это минимальная длительная статическая прочность. С это коэффициент запаса прочности и  $C_t$  коэффициент снижения давления в зависимости от температуры эксплуатации [5].

Номинальный наружный диаметр трубопроводов, согласно ГОСТ от 16 мм до 630 мм. Величина SDR от 9 до 26 мм. Выполненные в проектной организации расчеты позволили остановить выбор на трубе ПЭ100 SDR11 диаметром 40 мм. Данный диаметр трубы обеспечивает ее требуемую пропускную способность, данная толщина стенки обеспечивает сопротивление давлению внутри трубопровода [5].

## 1.5 Базовая технология сварки трубопровода подачи реагентов

В настоящее время для сварки подобного рода трубопроводов применяется технология с использованием фитингов с закладными нагревательными элементами (электромуфтовые соединения), рисунок 1.6. К несомненным достоинствам данного способа следует отнести возможность получения соединений труб с толщиной стенки менее 4 мм [9].

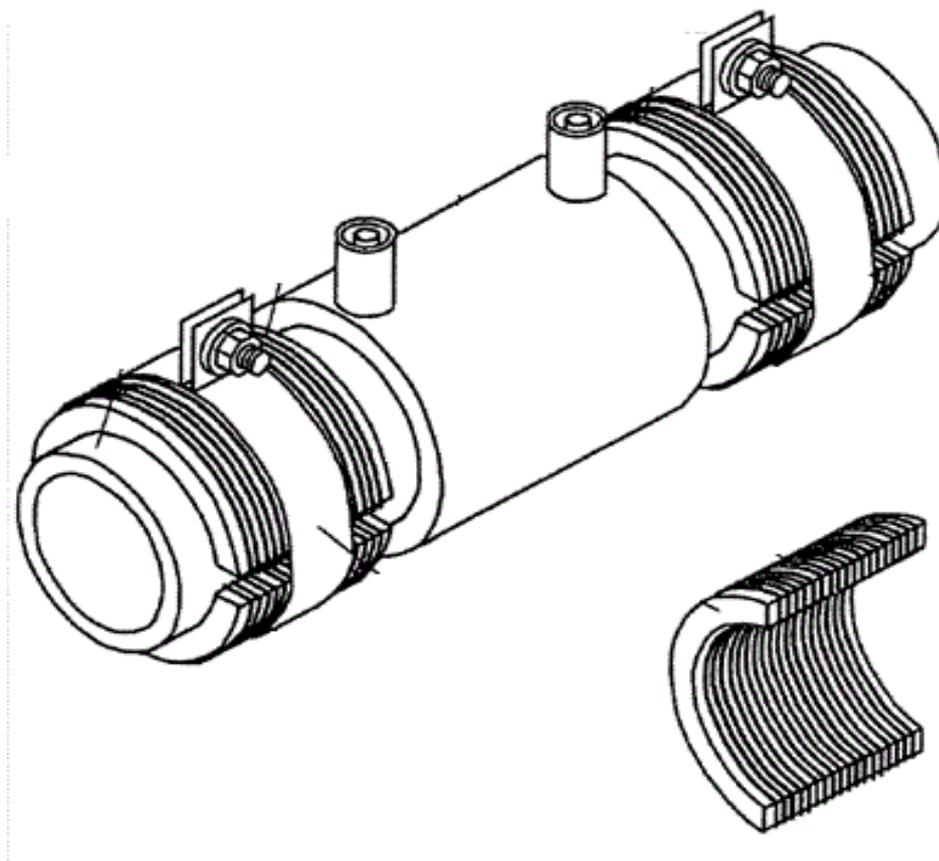


Рисунок 1.6 - Электромуфтовое соединение

Другим достоинством муфтового метода является возможность соединения труб с разной толщиной стенки и для соединения труб из разных марок полиэтилена. Также важное, с точки зрения сварщика достоинство – возможность получения соединений в стесненных условиях.

Технологический процесс сварки труб из полиэтилена посредством муфтовых технологий выполняется в следующей последовательности.

Первая операция – входной контроль. Поступившие в строительную организацию трубы и закладные нагреватели осматриваются, выполняются

измерения геометрических характеристик и соответствие их документации. Причем, количество контролируемых труб и фитингов партии отбирается в зависимости от размера партии [7]. Контролю для труб подлежит диаметр наружный с обеих концов трубы, толщина стенок. Толщина стенок измеряется по квадрантам, в четырех точках. Результаты выполненного контроля фиксируют в специальной документации.

При проведении входного визуально-измерительного контроля рекомендуется применять такие приборы и инструменты как стенкометры индикаторные. Рекомендуется применять марки С-2, С-10А, С-10Б [14]. Штангенциркуль с глубиномером ШЦ-1-125, измерительные линейки, рулетки, нутромеры.

Также производится контроль и подготовка сварочного оборудования. Сюда входит визуальный осмотр аппарата, проверка изоляции.

После операций входного контроля и проверки работоспособности оборудования выполняется обрезка труб под прямым углом и зачистка среза. Затем отмечается глубина, на которую надевается муфта. Внутри муфты есть специальные упоры, которые ограничивают продвижение муфты, надеваемой на трубопровод. Далее выполняется зачистка участка трубы, который при сварке будет находиться внутри муфты, при этом отметки не должны быть удалены. Применяется специальный зачистной инструмент, ручной скребок или механический скребок, рисунок 1.7.

Снимается при зачистке слой толщиной 0,1-0,2 мм. После зачистки не должно быть зазора между трубой и муфтой, превышающего 0,3 мм.

Затем трубы закрепляют в позиционере. Данная операция позволяет обеспечить соосность труб, и в процессе сварки предохраняет трубы от смещения. В некоторых случаях после долгого хранения у труб появляется такой дефект, как овальность. При этом надеть на трубу муфту становится проблемным, к тому же возможны несплавления. Данный дефект устраняют надевая на трубу специальные калибрующие зажимы, рисунок 1.8.

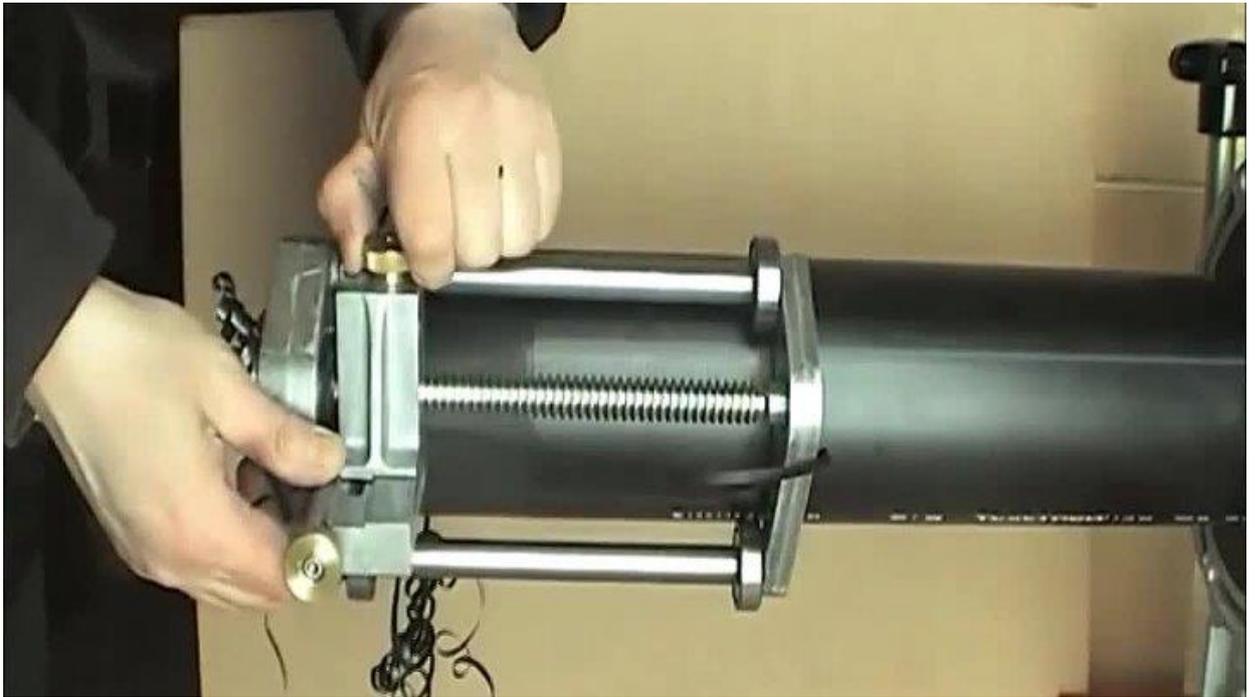


Рисунок 1.7 – Снятие оксидного слоя механическим скребком.



Рисунок 1.8 – Калибрующий зажим

Следующий этап – обезжиривание поверхностей, подлежащих сварке. В отличие от этапа удаления оксидного слоя здесь и внутренние поверхности муфт подлежат обезжириванию. Применяют спирт или ацетон. Обезжиривание необходимо для удаления жировых загрязнений.

Теперь на подготовленную трубу надевают муфту и вводят в муфту вторую трубу. Подсоединяют кабели к контактам на муфте, задают режим

нагрева, и запускают аппарат в работу. Далее все выполняется автоматически. Некоторые аппараты для сварки муфтами оснащены для ввода информации о режиме нагрева сканером со штрихкода.

Параметры режима при сварке труб муфтами следующие – напряжение, подаваемое на муфту, время нагрева, время охлаждения.

При сварке трубопровода противогололедной системы диаметром 40 мм параметры режима сварки следующие. Величина напряжения, подаваемого на муфту 40 В. Время нагрева 110 секунд. Затем выполняется охлаждение в течение 10 минут.

Процесс выполнения соединения контролируется визуально, и по показаниям дисплея аппарата для сварки. Кроме того, визуально отслеживается положение индикаторов сварки.

В целом следует отметить простоту технологии и высокое качество сварных соединений. Здесь было указано, что сварка муфтами позволяет получить равнопрочное соединение, недостижимое другими способами сварки полимеров. Кроме того, при сомнениях в качестве полученного соединения возможен повторный нагрев.

Главный недостаток данного способа – высокая стоимость муфт. К другому недостатку следует отнести увеличение диаметра трубопровода в месте, где приварена муфта.

## **1.6 Анализ возможных способов сварки**

На практике сварные соединения пластмасс выполняют множеством способом. Следует рассмотреть, в какой степени существующие способы сварки пластмасс позволят нам избавиться от выявленных недостатков способа сварки закладными элементами.

Главный фактор при выборе способа сварки – экономическая эффективность. Расходы на получение сварного соединения тем больше, чем больше стоимость применяемого оборудования, вспомогательных

материалов, чем выше квалификация производственного персонала. Также во внимание нужно принимать производительность способа.

Классификация способов сварки пластмасс проводится по основным физическим, техническим и технологическим признакам. По физическим признакам сварка пластмасс делится на классы и виды.

Согласно определению процесса сварки деление способов сварки на классы проводят по видам энергии, используемой для получения сварного соединения. Применяемые на практике технологии получения сварных соединений пластмасс реализуются с применением тепловой, механической, электромагнитной энергии или различных комбинаций этих видов энергии. Отсюда различают такие классы получения сваркой соединений пластмасс как: термическая, механическая и электромагнитная. К комбинированным классам относят термомеханическую и электромагнитномеханическую сварку.

При термических способах сварки решающую роль в образовании соединения играет тепло. Источником тепла может быть пламя горелки, нагретый газ, нагретый инструмент и пр. Давление в данном случае выполняет вспомогательные функции, например, обеспечивает контакт соединяемых поверхностей [21].

При термомеханических способах сварки соединение образуется за счет воздействия на пластмассовую деталь тепла и приложения давления. Давление в данном случае обеспечивает контакт нагретого инструмента и свариваемой детали и участвует в формировании соединения [7].

При механических способах получения сварных соединений пластмасс тепловая энергия генерируется внутри свариваемых деталей за счет превращения механической энергии, подведенной извне, в тепловую. К механическим способам относят сварку трением, вибротрением.

При электромагнитномеханических видах сварки, осуществляемых путем подвода электромагнитной энергии к свариваемым деталям, тепловая энергия также генерируется в них либо за счет способности звеньев

макромолекул полимеров поляризоваться при наложении внешнего электрического поля (высокочастотная и сверхвысокочастотная сварка), либо за счет поглощения энергии электромагнитных колебаний (сварка инфракрасным излучением, сварка лазером) с наложением сварочного давления [10].

Применяемые источники энергии, технологические принципы, положенные в основу процесса сварки, степень механизации и автоматизации в немалой степени зависят от физической формы, которая придана пластмассам. По этому признаку можно выделить:

- монолитные изделия – трехмерные материалы;
- пленочные – двухмерные материалы;
- волокна – одномерные материалы, применяемые для получения нетканых полотен, бытовых и технических тканей.

Комбинацией последних двух физических форм являются волокнистые материалы, имеющие полимерное покрытие – искусственные кожи [9].

Способы сварки пластмасс нагретым газом и нагретым инструментом обеспечивают высокие эксплуатационные характеристики соединения, не требуют дорогостоящего оборудования и затрат.

Хотя высокочастотная сварка характеризуется высокой производительностью, но для полиэтилена ее применять нельзя [7].

Сварку расплавом целесообразно применять для получения протяженных швов при соединении материалов достаточно большой толщины и не всегда целесообразно – для соединения пленочных материалов.

Ультразвуковая сварка может заменить механические методы соединения и склеивания целой группы полимеров, например полистирола, лавсана и капрона. Она широко применяется при изготовлении изделий пищевой и легкой промышленности, парфюмерии, радиоэлектроники и электротехники, товаров широкого потребления из пластмасс [12].

Кроме того, трубы можно соединять склеиванием. Но

производительность склеивания низкая. Поскольку химический состав клея отличается от полиэтилена, прочность соединения будет низкая. Перечисленное не позволяет рекомендовать технологию склеивания.

Рассмотрим преимущества технологии стыковой сварки посредством нагретого инструмента. Первое, на что следует обратить внимание, процесс получения сварного соединения контролируется визуально. Если при муфтовой сварке судить о завершении процесса можно только по выдвинутым индикаторам, то при стыковой сварке сварное соединение может быть проконтролировано визуально полностью.

При этом выявляются такие дефекты, предусмотренные в ГОСТ Р 54792-2011, как трещины, несимметричный грат, высокий и узкий грат, не касающийся трубы, слишком широкий или узкий грат а также смещения труб. К недопустимым дефектам относят трещины но и форма грата, при превышении требований тоже может быть признана недопустимым дефектом. Так несовпадение кромок допускается, если оно не более 0,1 от толщины стенки, но не более 2 мм.

Другим преимуществом при стыковой сварке труб является универсальность оборудования. Один и тот же аппарат может быть применен для сварки труб разного диаметра.

В сравнении с муфтовым способом сварки недостаток здесь – оборудование, при сварке одного и того же диаметра, оно имеет большие габариты.

Окончательно останавливаем выбор на способе сварки нагретым инструментом.

## **1.7 Задачи работы**

Цель настоящей работы – экономия материалов при сварке трубопроводов подачи реагентов в противогололедных системах. Результаты анализа применяемой технологии сварки трубопровода для подачи реагентов

муфтами показали, что главный недостаток – высокая стоимость муфт. Однако выбор технологу предоставлен небогатый. Замену данного метода можно осуществить только на технологический процесс сварки нагретым инструментом.

Следовательно, для достижения поставленной в работе цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать режимы сварки труб
2. Разработать технологический процесс сварки труб подачи реагентов;
3. Подбор необходимого оборудования;
4. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка варианта сварки трубопровода подачи реагентов способом нагретого инструмента.

## 2 Разработка проектного технологического процесса сварки

Операции входного контроля совпадают с операциями входного контроля для муфтовых технологий.

Затем начинаются подготовительные операции. Сюда относится очистка свариваемых поверхностей труб от загрязнений. Также очищают поверхность нагревателя. Особое внимание на указанную процедуру следует обратить, так как при попадании мелких частиц пыли в шов могут образоваться практически незаметные несплавления. Причем, при испытании на растяжение прочность шва будет на достаточном уровне, но в процессе эксплуатации несплавления могут стать источником возникновения трещин и последующего разрушения шва.

Кроме того, если перед этим выполнялся сварной стык то следует очистить рабочие поверхности нагревателя и от налипшего материала.

Следующая операция – сборка. Трубы фиксируются в машине. Контролируется их соосность и смещения кромок. Также под трубы устанавливаются дополнительные роликовые опоры, с тем, чтобы исключить трение труб о грунт и снизить величину усилия, развиваемого машиной для обеспечения перемещения труб и требуемого усилия сжатия при сварке, рисунок 2.1.

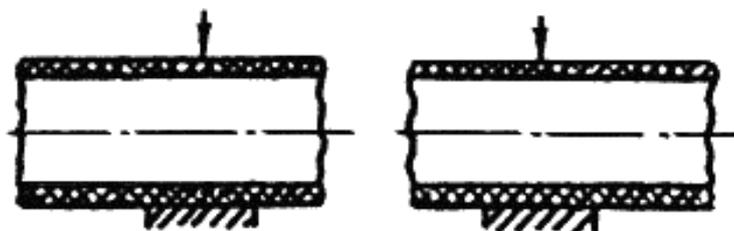


Рисунок 2.1 – Центровка труб

Затем выполняется специальным устройством торцевание труб, рисунок 2.2.

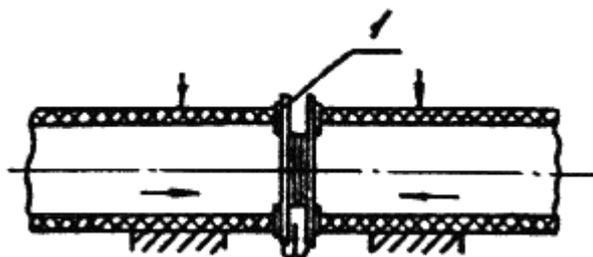


Рисунок 2.2 – Торцевание трубы с помощью торцовки 1

Для выполнения операции торцовки применяется специальный инструмент, срезающий стружку с торцовых поверхностей труб, рисунок 2.3.



Рисунок 2.3 - Торцеватель

Результатом выполнения данной операции являются чистые и параллельные контактные поверхности труб. Понятное дело, что продукты торцовки (стружка) подлежат удалению. После чего выполняется осмотр подготовленных поверхностей и контрольная сборка. После чего выполняется обезжиривание контактных поверхностей труб.

Перед сваркой каждого стыка определяется давление, которое необходимо для преодоления сил трения при перемещении труб.

Величина измеренного давления должна быть приплюсована к давлению при сварке.

После чего выполняется контроль, рисунок 2.4. Контролю подлежит размер зазора, точность совпадения труб. Если обеспечиваются необходимые характеристики сборки труб, следующая операция – нагрев.

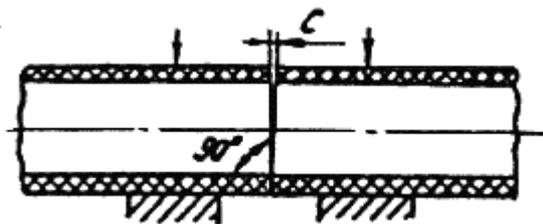


Рисунок 2.4 – Контрольная операция

Если рассмотреть непосредственно сам процесс получения сварного соединения, то между соединяемых поверхностей двух труб устанавливается нагреватель, рисунок 2.5.



Рисунок 2.5 – Установка нагревателя

Далее начинается операция оплавления концов труб. При этом следует обеспечить температуру нагревателя, согласно требованиям по сварке конкретной трубы или фитинга. Для нашей трубы температура рабочих поверхностей нагревателя 150-170°C. Кроме того, необходимо обеспечить плотный контакт поверхности нагревателя и торца трубы, задать давление и обеспечить образование первичного валика, рисунок 2.6.

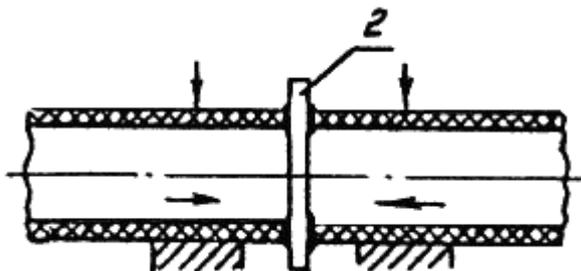


Рисунок 2.6 - Нагрев

После образования первичного валика давление уменьшается, и в течение нужного времени выдерживается давление прогрева. Для нашей трубы это время 5-7 мин. При этом должен быть обеспечен контакт между нагревателем и торцами трубы. Затем извлекают нагреватель из зазора между трубами. Расходуемое на данную манипуляцию время называют технологической паузой. Чем скорее соединяемые концы труб будут состыкованы после извлечения нагревателя, тем меньше охладятся нагретые поверхности труб. Если время технологической паузы неоправданно увеличится, результат процесса сварки будет такой же, как если бы температура или время нагрева были недостаточны. Увеличится вязкость расплава, кристаллизация начнется еще до стыковки торцов труб. Прочность соединения будет низкой.

Завершающая операция – осадка стыка, рисунок 2.7. Выполняют ее под давлением и затем необходимо обеспечить нормальные условия для охлаждения. Состыкованные трубы выдерживаются под давлением до момента, пока соединение не остынет до температуры кристаллизации.

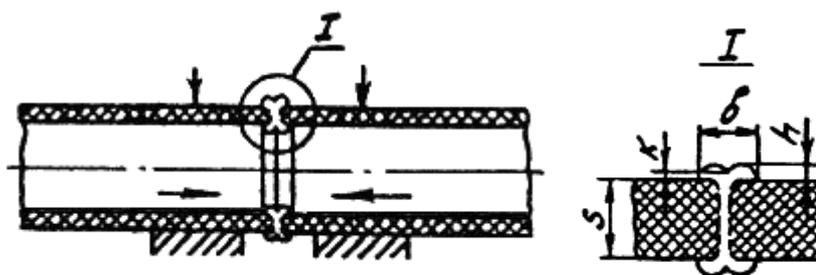


Рисунок 2.7 – Осадка стыка

При этом поворот труб относительно друг друга не допускается. Затем сразу, на горячем расплаве наружного грата выполняют маркировку сварных стыков. Маркируют клеймами типа ПУ-6 или ПУ-8 по ГОСТ 2930 в двух диаметрально противоположных точках.

Полное охлаждение выполняется без давления.

Готовый стык подвергается контролю согласно требованиям. Для нашей трубы высота  $h$  внутреннего и наружного грата (валиков) должна быть не более 2-2,5 мм, рисунок 2.8.

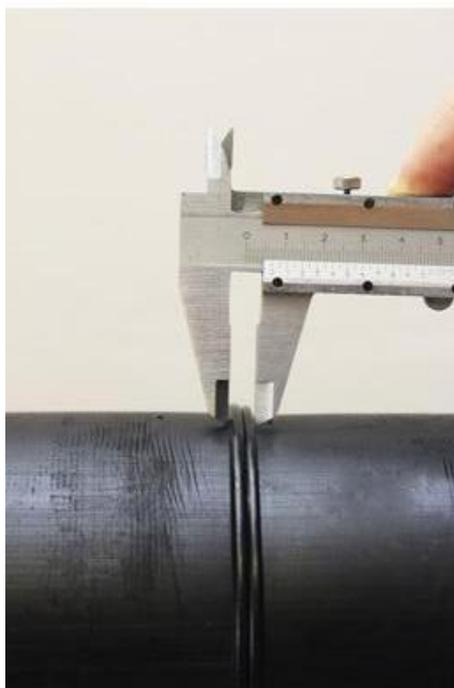


Рисунок 2.8 – Контроль геометрических характеристик грата.

Затем полностью готовый трубопровод подвергается, согласно СНиП 3.05.04, двухступенчатому контролю на герметичность, предварительный контроль и окончательный контроль.

Предварительное испытательное (избыточное) гидравлическое давление при испытании на прочность, выполняемое до установки арматуры (гидрантов, предохранительных клапанов, вантузов), должно быть равно расчетному рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,5.

Предварительный контроль выполняют в следующем порядке:

- трубопровод заполняют водой и выдерживают без давления два часа;
- в трубопроводе создают испытательное давление и выдерживают его в течение получаса, причем, поскольку трубопровод деформируется, нужна подкачка воды;
- испытательное давление снижают до расчетного и выполняют осмотр трубопровода.

Предварительный контроль считается успешным, если нет видимых утечек воды и разрывов труб и стыков.

Окончательный контроль выполняют в следующем порядке:

- в трубопроводе создают давление, равное расчетному рабочему давлению, и поддерживать его два часа; при падении давления на 0,02 МПа производится подкачка воды;
- давление увеличивают до испытательного в течение не более 10 мин и поддерживают его в течение двух часов.

Трубопровод считается выдержавшим окончательное гидравлическое испытание, если фактическая утечка воды из трубопровода при испытательном давлении не превышает норматива.

### 3 Безопасность и экологичность проекта

#### 3.1 Технологическая характеристика рассматриваемого технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс сборки и сварки полиэтиленовых труб в системе подачи реагентов». В настоящее время сварка трубопроводов противогололедной системы выполняется с применением муфтовых технологий. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применяя сварку нагретым инструментом их можно нейтрализовать. Разработана технология сварки с применением нагретого элемента, естественно, что в связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	Сварка кольцевых швов	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
		Сборка	Слесарь-сборщик,	Сварочный аппарат, ATLANT A 160 Z.	
		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Сварочный аппарат, ATLANT A 160 Z.	
		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

Необходимое для реализации разработанных технических мероприятий оборудование подлежит размещению на производственном участке, понадобится сварочный аппарат ATLANT A 160 Z.

### 3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке трубопровода технологии предложена к внедрению механизированная сварка. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Трубы.
2	Сборка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Сварочный аппарат, ATLANT A 160 Z.
3	Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная	Сварочный аппарат, ATLANT A 160 Z.
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Трубопровод

### 3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 3.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и заготовки.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда

### 3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок сварки	Сварочный аппарат, ATLANT А 160 Z..	Горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; В) высокая температура окружающей среды; Г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в

таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Ведомость технических средств

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран на колонне 2-2.	План эвакуации на колонне 2-2	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения на колоннах 1-2 и 2-2.

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

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

### 3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка	Входной контроль	-	-	-
	Сборка		Загрязнение гидравлической жидкостью при утечке из центратора.	
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при деструкции полимера		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 3.8 – Перечень технических и организационных процедур по исключению негативного действия выявленных факторов.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при деструкции полимера.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

### 3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса сборки и сварки трубопровода противогололедной системы. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сборке и сварке трубопровода. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, выделяемые при деструкции полиэтилена, повышенное напряжение.

Для защиты задействованных в операции сборки и сварки стыков трубопровода работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Проанализированы источники возможных возгораний и условия, при которых они перерастут в пожар. На основе выполненного анализа предложены уже применяемые на практике мероприятия технического и организационного характера, предотвращающие нанесение ущерба пожаром работникам и имуществу предприятия.

Выполненный анализ показал, что выполняемые на участке сварки производственные процессы могут нанести ущерб окружающей среде. Ущерб может быть нанесен как воздушной среде (атмосфера), водной среде (гидросфера), так и литосфере. Загрязнение воздушной среды возможно из-за отсутствия на системе вытяжной вентиляции производственного участка фильтрующих устройств. Их монтаж в сочетании с мероприятиями по разъяснению правил производственной санитарии позволит предотвратить загрязнение литосферы.

## **4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений**

### **4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов**

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологии сварки трубопровода подачи реагентов противогололедной системы. Трубопровод противогололедной системы изготавливается из полимерных труб и фасонных частей (муфт). При посредстве фасонных частей в стоимость трубопровода включается стоимость непосредственно применяемой муфты. Корпус муфты выполнен из полимерного материала и внутри муфты находится металлический проводник. При пропускании тока через проводник выделяется тепло, обеспечивающее нагрев до требуемой температуры трубы и внутренней поверхности муфты.

В соответствии с базовой технологией строительство трубопровода антигололедной системы предусматривает выполнение следующих операций: 1) входной контроль труб, муфт и оборудования; 2) подготовка кромок труб под сварку; 3) сборка труб под сварку; 4) оплавление, осадка, охлаждение; 5) контроль качества сварочных работ.

На основании проведённого анализа возможных способов соединения при строительстве трубопровода противогололедной системы принято решение о замене технологии сварки посредством муфт на сварку нагретым элементом. За счёт замены способа сварки предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов. Экономические расчёты будем выполнять на один стык трубопровода с учётом изменяющихся операции технологического процесса сборки и сварки.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	$P_p$		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	95,29	95,29
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	$K_d$	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	$S$	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	40000	70000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

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

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{п-з} + t_o + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (4.1)$$

где  $t_{шт}$  – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_o$  – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$  – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{всп} = 10\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{обсл}$  – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{обсл} = 5\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{отл}$  – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{отл} = 5\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{п-з}$  – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и

проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени:  $t_{\text{оп-3}} = 1\%$  от  $t_{\text{маш}}$ .

Машинное время определим из карт технологического процесса сварки по базовому и проектному варианту технологии сварки трубопровода противогололедной системы:

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

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

### 4.3 Расчет затрат на применяемое оборудование

Значение  $K_{\text{общ}}$  капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (4.5)$$

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:

$$K_{\text{пр}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (4.6)$$

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:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (4.7)$$

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

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

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

Необходимое количество оборудования, определенное по (4.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ( $n_{об.прин}$ ).

Значение коэффициента загрузки оборудования по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (4.8)$$

Фонд времени определим по формуле:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.н}) \quad (4.9)$$

где:  $D_k$  – всего дней в году;

$D_{вых}$  – всего выходных в году;

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

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

$S$  – принятое на предприятии количество рабочих смен;

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

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

После подстановки в формулы (4.7) и (4.8) численных значений соответствующих переменных, имеем:

для базового варианта технологии

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

$$k_{зб} = \frac{0,027}{1} = 0,027$$

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

для проектного варианта технологии

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

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

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

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (4.10)$$

$K_{\text{монт}}$  – расходы, на монтаж оборудования, закупленного для применения в предлагаемом варианте технологии;

$K_{\text{дем}}$  – расходы на демонтаж оборудования используемого в применяемом варианте технологии;

$K_{\text{площ}}$  – расходы на дополнительные площади, требуемые для монтажа оборудования, закупленного для применения в предлагаемом варианте технологии.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{монт}} \quad (4.11)$$

где  $k_{\text{монт}}$  – коэффициент затрат для монтажа предлагаемого к использованию в проектном варианте технологии сварки трубопровода противогололедной системы оборудования,  $k_{\text{монт}} = 0,2$ .

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

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (4.12)$$

где  $k_{\text{дем}}$  – коэффициент затрат, для демонтажа применяемого в проектном варианте технологии сварки трубопровода противогололедной системы оборудования,  $k_{\text{дем}} = 0,2$

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

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot \Pi_{\text{ПЛОЩ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (4.13)$$

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

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

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

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

#### 4.4 Расчет технологической себестоимости

При сварке стыков трубопровода противогололедной системы используются материалы. Общая формула определения затрат на материалы следующая:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}} \quad (4.14)$$

Базовая технология сварки предусматривает применение муфт для получения сварных стыков. Проектная технология сварки предусматривает применение нагрева специальным инструментом. Сам трубопровод, основные материалы, изменений не претерпевает. Затраты на вспомогательные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ_{\text{б.}} = N_{\text{эл.}} \cdot \Pi_{\text{эл.}} \quad (4.16)$$

где  $\Pi_{\text{эл.}}$  – стоимость муфт, руб/кг;

$N_{\text{эл.}}$  - расход муфт согласно нормативам, кг.

$$H_{\text{эл.}} = Y \cdot L_{\text{ш.}} \quad (4.17)$$

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

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

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (4.18)$$

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

$M_{\text{напл.мет}}$  – общее количество муфт, требуемых для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

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

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

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

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

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

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

$$ЗМ_{\text{б}} = 19,99 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$З_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} \cdot Ц_{\text{э-э}} \quad (4.29)$$

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

$Ц_{\text{э-э}}$  – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса, руб/кВт·час;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса.

Установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному

вариантам определяется расчетным путем, перемножением силы тока на напряжение.

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

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

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

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

Объём  $Z_{\text{об}}$  финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (4.30)$$

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

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

Для определения отчислений на амортизацию воспользуемся формулой:

$$A_{\text{об.}} = \frac{Ц_{\text{об}} \cdot На_{\text{об}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.31)$$

где  $Ц_{\text{об}}$  – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

$На_{\text{об}}$  – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{\text{шт}}$  – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$\Phi_{\text{эф}}$  – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

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

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

Для определения финансовых затрат на ремонт воспользуемся формулой:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{т.р}} \cdot k_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} \quad (4.32)$$

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

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

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

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:

$$Z_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{пл}} \cdot S_{\text{пл}} \cdot N_{\text{пл}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (4.33)$$

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

$N_{\text{пл}}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

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

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

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

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы  $Z_{\text{осн}}$  и дополнительной заработной платы  $Z_{\text{доп}}$ :

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

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

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

Объём  $\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}$  - основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.35)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – утверждённая часовая тарифная ставка работника;

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

$k_{\text{зпл}}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (4.36)$$

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

$k_{\text{вн}} = 1,1$  – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$  – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$  – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$  – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

После подстановки в формулу (4.28) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,060 \cdot 95,29 \cdot 1,79 = 10,23 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,03 \cdot 95,29 \cdot 1,79 = 5,11 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{\partial}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (4.37)$$

где  $k_{\partial}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы.

После подстановки в формулу (4.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

$$ЗПЛ_{доп}^{IP} = 5,11 \cdot 10/100 = 0,51 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi ЗП_{IP} = 5,11 + 0,51 = 5,62 \text{ руб.}$$

Объём отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (4.38)$$

где  $N_{соц}$  – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

$$O_{CH}^{IP} = 5,62 \cdot 30/100 = 1,68 \text{ руб.}$$

Значение показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ТЕХ} = ЗМ + З_{\partial-\partial} + З_{об} + З_{пл} + \Phi ЗП + O_{CH} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

$$C_{ТЕХ}^{ПП} = 0,63 + 0,37 + 0,02 + 5,11 + 1,68 = 7,81 \text{ руб.}$$

Значение показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + P_{ЦЕХ} \cdot k_{ЦЕХ} \quad (4.40)$$

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

$$P_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + k_{ЦЕХ} \cdot Z_{ОСН} \quad (4.41)$$

где  $k_{ЦЕХ}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 1,72.

После подстановки в формулу (4.15) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

$$C_{ЦЕХ}^{ПП} = 7,81 + 5,11 \cdot 1,72 = 7,81 + 8,78 = 16,59 \text{ руб.}$$

Значение показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + P_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + k_{ЗАВ} \cdot Z_{ОСН} \quad (4.42)$$

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

$k_{ЗАВ}$  – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 1,97.

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

$$C_{ЗАВ}^{ПП} = 16,59 + 5,11 \cdot 1,97 = 16,59 + 10,06 = 26,65 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Перечень и значения статей затрат на сварку одного стыка трубопровода

Показатели	Услов. Обозн.	Калькуляция, руб	
		базовый	Проект
1	2	3	4
Затраты на материалы	ЗМ	19,99	-
Объем фонда заработной платы	ФЗП	11,25	5,62
Отчисления на соц. нужды	О <sub>СН</sub>	3,37	1,68
Финансовые расходы на оборудование	З <sub>ОБ</sub>	0,44	0,37
Финансовые расходы 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	7,81
Объем цеховых расходов		17,59	8,78
Величина цеховой себестоимости	С <sub>ЦЕХ</sub>	53,43	16,59
Объем заводских расходов		20,15	10,06
Величина заводской себестоимости	С <sub>ЗАВ</sub>	73,58	26,65

#### 4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Условно-годовую экономию  $Pr_{ож}$  (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left( C_{зав}^{б} - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (73,58 - 26,65) \cdot 500 = 23465 \text{ руб.}$$

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

$$\mathcal{E}_T = [(C_{3AB}^B + E_H \cdot K_{уд}^B) - (C_{3AB}^{PP} + E_H \cdot K_{уд}^{PP})] \cdot N_{PP} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_T = [(73,58 + 0,33 \cdot 2,16) - (26,65 + 0,33 \cdot 56,48)] \cdot 500 = 17340 \text{ руб.}$$

Снижение  $\Delta t$  трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,06 - 0,03}{0,06} \cdot 100\% = 50\%$$

Повышение  $\Pi_T$  производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.46)$$

После подстановки в формулу (4.46) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{OK} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{YT}} \quad (4.47)$$

$$T_{OK} = \frac{28240}{23465} \approx 1,2 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{сп} = 1/T_{ок} = 1/1,2 = 0,83. \quad (4.48)$$

#### **4.6 Выводы по разделу**

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 50% трудоемкость сварки одного стыка трубопровода подачи противогололедных реагентов, при соответствующем увеличении производительности труда на 100%.

Затраты на капитальные вложения в размере 28240 руб., которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 1,2 года.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составит 17340 руб.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

## Заключение

Цель выпускной работы – экономия материалов при сварке трубопроводов подачи реагентов в противогололедных системах.

Для достижения поставленной цели в работе была проанализирована применяемая базовая технология сварки муфтами трубопровода подачи реагентов антигололедной системы. Показано, что главным недостатком применяемой технологии сварки является высокая стоимость муфт. Однако анализ нормативной документации показывает, что для данного варианта трубопровода из полимерного материала варианты выбора другого способа ограничены только способом сварки нагретым элементом. Проанализирована возможность применения способа сварки нагретым элементом применительно к трубопроводу подачи реагентов и показана целесообразность его применения.

Выполненный анализ научно-технической и патентной литературы позволил подобрать режимы сварки обеспечивающие заданное качество и производительность при сварке трубопровода противогололедной системы.

Разработан технологический процесс сварки трубопровода нагретым элементом. Подобрано соответствующее оборудование для реализации данного процесса в полевых условиях. При обеспечении заданных требований по качеству трубопровода дорогостоящие муфты применять не нужно.

Также в работе выполнен анализ опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс работы. Показано, что защита производственного персонала от опасных и вредных факторов, сопровождающих процесс сварки трубопровода обеспечивается посредством широко применяемых стандартных средств защиты.

Можно сделать вывод о том, что поставленные задачи выполнены и цель достигнута.

## Список используемых источников

1. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учебно-метод. пособие к курсовому проектированию. / М.Г. Козулин - Тольятти: ТГУ 2008.-77 с.
2. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта [Текст] /А.Г. Егоров, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова.- Тольятти.: ТГУ, 2011.- с.8-87.
3. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.
4. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
5. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
6. ГОСТ 18599-2001 межгосударственный стандарт трубы напорные из полиэтилена.
7. Яковлев А.Д. Технология изготовления изделий из пластмасс / А. Д. Яковлев. — Л.: Химия, 1968. — 304 с.
8. Горина, Л.Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе. – ТГУ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 153 с.
9. Гордиенко, В.А. Экология: базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. – СПб.: Лань, 2014. – 633 с.

10. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов. СП 42-103-2003. – М.: ДЕАН, 2005. – 218 с.
11. Проектирование и монтаж подземных трубопроводов горячего водоснабжения из труб ПЭ-С с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. СП 41-107-2004. – М.: ДЕАН, 2005. – 32 с.
12. Опыт строительства и реконструкции подземных газопроводов на основе использования полиэтиленовых труб. – М.: НТЦ "КВАН", 2004. – 324 с.
13. Свод правил. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб. – М.: ДЕАН, 2011. – 352 с.
14. Логинов В.С. Газопроводы из полиэтиленовых труб / В. С. Логинов [и др.]. — Саратов: Приволжское книжное изд-во, 1968. — 72 с
15. Сварочное оборудование : каталог-справочник / Академия наук Украинской ССР; Институт электросварки им. Е. О. Патона; под ред. А. И. Чвертко. Часть 2. — М.: Наукова думка, 1968. — 388 с.
16. Сварочное оборудование : каталог-справочник / Академия наук Украинской ССР; Институт электросварки им. Е. О. Патона; под ред. А. И. Чвертко. Часть 3. — М.: Наукова думка, 1972. — 196 с.
17. Климов А.С. Основы технологии и построения оборудования для контактной сварки : учебное пособие / А. С. Климов [и др.]. — 3-е изд., испр.. — СПб.: Лань, 2011. — 330 с.
18. Евтифеев, П.И. Стыковая и электромужфтовая сварка (технология и оборудование) / П. И. Евтифеев. — Л.: Машиностроение, 1977. — 208 с.
19. Герасимов, П.А. Пластмассовые трубы в России и за рубежом / П.А. Герасимов // Эксперт, 2004, №5, с.82-84, 86-87.

- 20.Тростянская Е.Б. Сварка пластмасс / Тростянская Е.Б., Комаров Г.В., Шишкин В.А. – М.: Машиностроение, 1967. – 252 с.
- 21.Зайцев, К.И. Сварка пластмасс / Зайцев К.И., Мацук Л.Н. – М.: Машиностроение, 1978 – 224 с.
- 22.Справочник по сварке и склеиванию пластмасс \ А.Н. Шестопап и др. – Киев: Техника, 1986
- 23.Крикунов И.И., Некрасов Ю.И. Газовая сварка пластмасс. – М: Машиностроение, 1974. – 86 с.
- 24.Комаров, Г.В. Способы соединения деталей из пластических масс / Г.В. Комаров // – М: Химия, 1979. – 288 с.
- 25.Ялышко, Г.Ф. Сварка и монтаж трубопроводов из полимерных материалов / Г.Ф. Ялышко // – М: Стройиздат, 1990. – 223 с.