

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 Технология сварки полимерных труб на предприятиях ЖКХ

Студент

Я.И. Музаев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

(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 – повышение производительности при ремонтной сварке трубопроводов ЖКХ.

Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи: выбран материала труб; выбран способ сварки; разработан типовой технологический процесс сварки; выбрано оборудование; выполнен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; проведена экономическая оценка предложенного варианта сварки.

Предложено при ремонте трубопроводов водоснабжения силами служб ЖКХ заменить традиционно применяемые стальные трубы на полимерные.

Разработана технология раструбной сварки трубопроводов из полипропилена за счет применения нагревательного аппарата CM-01 SET.

Выполнен анализ опасных факторов при сварке полимерных труб и разработаны мероприятия, обеспечивающие их нейтрализацию.

Расчеты показывают, что экономический эффект составит 46560 руб. при внедрении технологии на предприятии ЖКХ.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Описание трубопровода и условий его эксплуатации	6
1.2 Анализ свойств традиционно применяемого материала	8
1.3 Анализ применяемой на предприятиях ЖКХ технологии сварки	10
1.4 Задачи работы.....	14
2 Проектный технологический процесс сварки	16
2.1 Выбор материала трубопровода	16
3 Безопасность и экологичность проекта	24
3.1 Технологическая характеристика рассматриваемого технического объекта.....	24
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	25
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	26
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	27
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	29
3.6 Заключение по разделу	Ошибка! Закладка не определена.
4 Экономическая эффективность проекта.....	32
2.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов	33
2.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	34
.....	35
2.3 Капитальные вложения в оборудование.....	35
2.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов	38
2.5 Цеховая себестоимость.....	43
2.6 Заводская себестоимость.....	44
2.7 Определение экономической эффективности.....	45
4.8 Выводы по разделу.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
Список используемых источников.....	49

Введение

Сварка нашла широкое применение на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства. Преимущественно сваркой соединяют трубопроводы. Нормальная жизнь в жилом секторе немыслима без трубопроводов. Подача горячей и холодной воды и водоотведение, подача теплоносителя в холодное время года. Газифицированные дома нуждаются в трубопроводах подачи газа. Преимущественная технология строительства и ремонта трубопроводов жилого сектора – сварка. Преимущественный материал в таких трубопроводах – сталь.

Однако в Европе еще с середины 20го века как материал для труб начали применять пластические массы. Основ пластмасс составляют полимеры. Полимеры — неорганические и органические, аморфные и кристаллические вещества, состоящие из «мономерных звеньев», соединённых в длинные макромолекулы химическими или координационными связями. Благодаря своим ценным свойствам полимеры находят все более широкое распространение во многих сферах деятельности человека. В частности, полимерные трубопроводы находят все более широкое распространение, в том числе и при ремонте трубопроводов водоснабжения зданий. До теплоснабжения дело, пока еще, не дошло, но следует помнить, что в строительстве вновь возводимые здания оснащены полимерными трубопроводами для теплоснабжения.

Этому способствует ряд причин. Металлические трубы ржавеют, становятся шероховатыми или, как говорят сантехники, «зарастают». Это не только влияет на срок службы трубопровода, но и снижает его пропускную способность, уменьшает механическую прочность.

Полимерные трубопроводы значительно проще и легче монтируются. Если сварку стальных трубопроводов может выполнить только квалифицированный сварщик, то сварка полиэтиленовых по плечу любому человеку, обученному пользоваться аппаратом для сварки, т.е. нужно лишь правильно установить трубу в аппарат и задать программу сварки.

Следует учитывать, что полиэтиленовые трубы диаметром до 110 мм выпускаются в бухтах длиной 50 - 200 м, что позволяет при монтаже уменьшить количество стыков.

Все перечисленное объясняет причины перехода на полимерные трубопроводы на предприятиях ЖКХ и не только. Но есть нюансы. Если сваркой стальных труб предприятия ЖКХ занимаются не одно десятилетие, технологический процесс и оборудование для соединения сваркой стальных труб освоены и отработаны, то сварка полимерных трубопроводов, несмотря на внешнюю простоту технологии ставит перед работниками ряд вопросов.

Таким образом, цель работы можно сформулировать следующим образом – повышение производительности при ремонтной сварке трубопроводов ЖКХ.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание трубопровода и условий его эксплуатации

Предприятиям жилищно-коммунального хозяйства в своей практической деятельности приходится иметь дело, преимущественно с заменой и ремонтом трубопроводов водонабжения жилых зданий.

Если брать геометрические характеристики труб водоснабжения, то диаметр вертикального стояка, как правило, 1 дюйм, реже $\frac{3}{4}$ дюйма. Трубы, которые расположены в жилом помещении диаметром 0,5 дюйма. Толщина стенок стального трубопровода составляет 2 мм, рисунок 1.1, 1.2, 1.3.

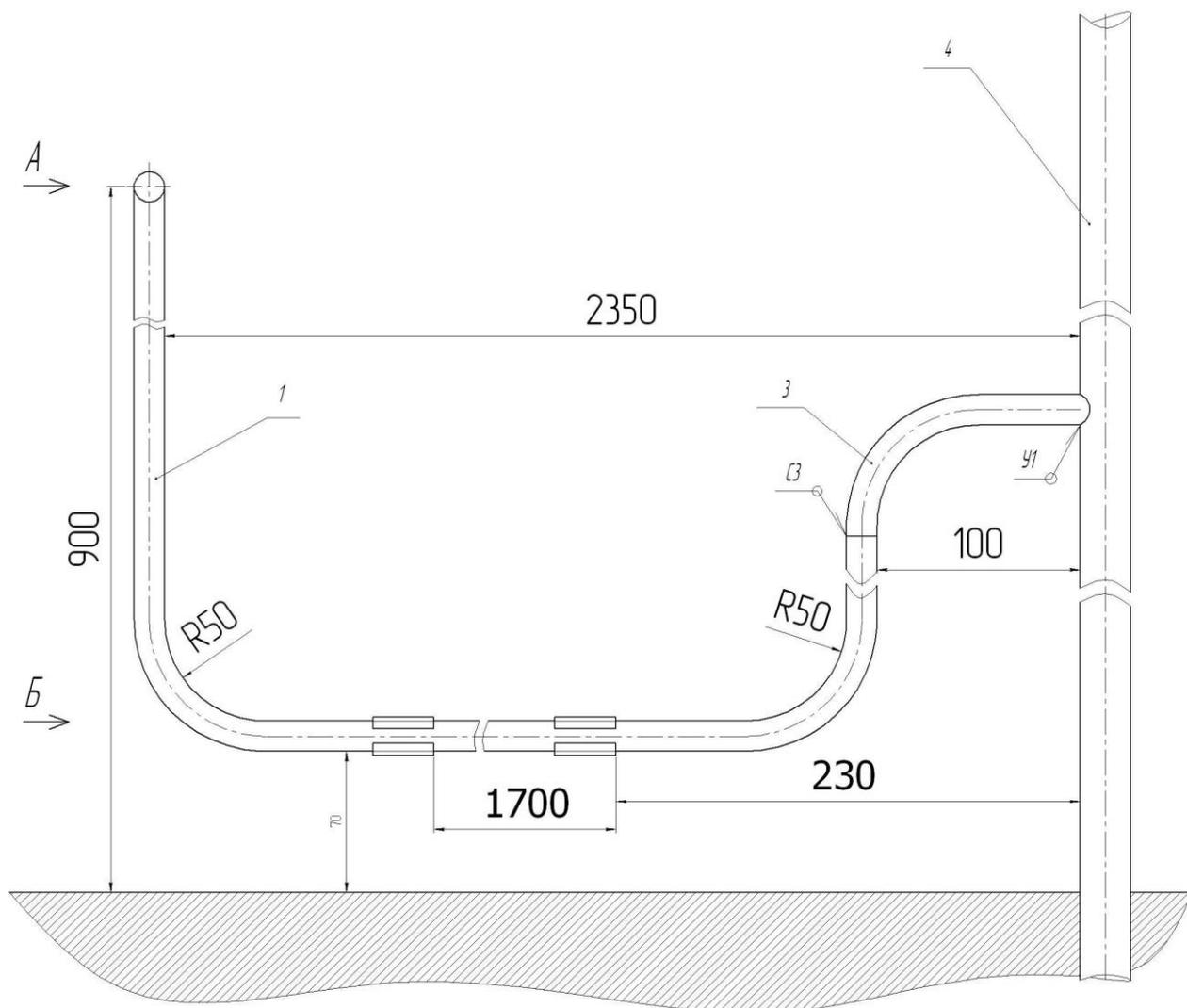


Рисунок 1.1 – Трубопровод подачи воды

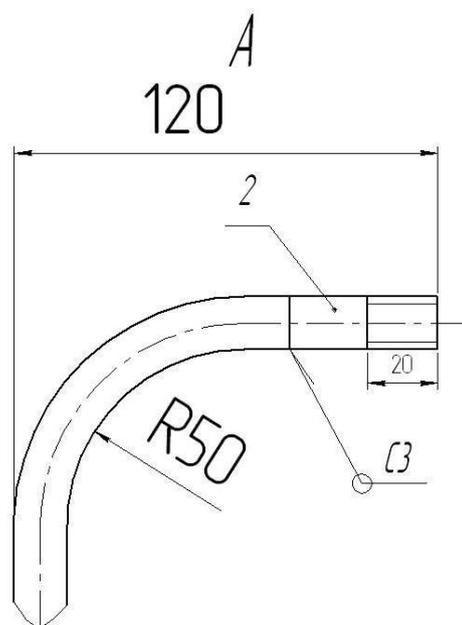


Рисунок 1.2 – Трубопровод подачи воды, вид А

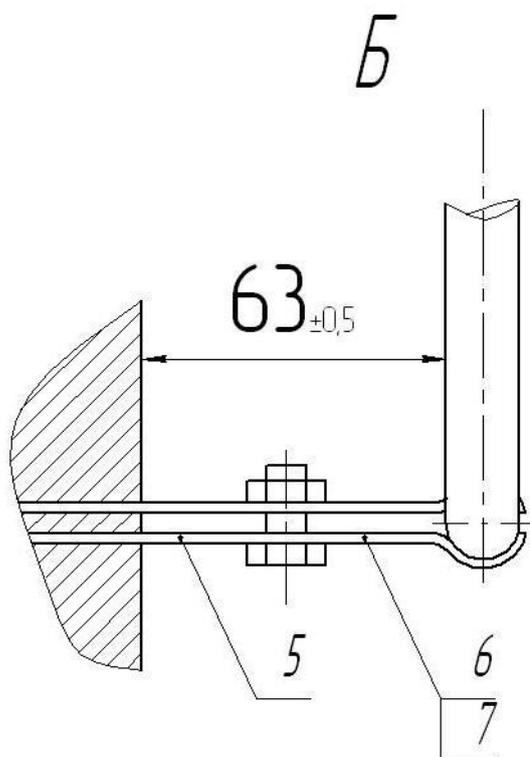


Рисунок 1.3 – Трубопровод подачи воды, вид Б

Соответственно условия эксплуатации перечисленных труб – температура 20-25°C, воздействие на наружную поверхность воды исключается, кроме того, она еще защищена лакокрасочным покрытием. Давление воды в трубопроводах водоснабжения жилых зданий достигает 3 атмосфер. В некоторых случаях трубопроводы выполняют из оцинкованных труб. Слой цинка выполняет роль протекторной защиты трубопроводов.

1.2 Анализ свойств традиционно применяемого материала

Материал водопровода, с учетом условий эксплуатации, сталь 3. Химический состав стали 3 приведен в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 3.

C	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
0,22	0,30	0,045	0,055	0,30	0,30	0,30

Механические свойства отражены в таблице 1.2

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 3.

σ_T	σ_B	δ
Кгс/мм ²		%
21-24	44-47	25-27

Рассмотрим свариваемость данного материала. Анализ свариваемости позволяет выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что одним способом сварки можно обеспечить свариваемость материала для одних условий эксплуатации, но для других условий эксплуатации тот же способ свариваемость не обеспечит. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости стали 3 выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2},$$

Исходя из сведений по химическому составу стали 3 отраженному в таблице 1.1. результаты расчетов по формуле показывают, что сталь 3 сваривается без ограничений.

Однако в практике ремонтных служб ЖКХ сварка выполняется ацетилено-кислородным способом и дуговым способом штучными электродами.

1.3 Анализ применяемой на предприятиях ЖКХ технологии сварки

Ацетилено-кислородная сварка согласно классификации относится к способам сварки плавлением. Для нагрева и доведения до расплавления свариваемых кромок трубопровода и присадочного прутка применяют пламя, образующееся от сжигания горючего газа в смеси с кислородом. Продукты сгорания образуют вокруг ванны расплавленного металла газовую зону, защищающую его от воздействия окружающего воздуха. Возможны различные варианты применяемых горючих газов, но чаще всего применяют ацетилен. Ацетилен, кстати, обеспечивает максимальную температуру пламени.

До начала операций сварки внутренних систем водоснабжения в жилом доме следует демонтировать старый трубопровод. Здесь нагрев газовым пламенем имеет то преимущество перед дуговыми способами, что обеспечивает легкую резку старых труб.

К другим подготовительным работам также следует отнести организацию искусственного освещения и возможности подключения электроинструментов сеть.

Следующая операция применяемого на предприятиях ЖКХ технологического процесса замены труб – входной контроль. Входной контроль включает:

- контроль сопроводительных документов на устанавливаемые трубы;
- контроль сварочных материалов;
- контроль сварочного и вспомогательного оборудования;
- контроль квалификации работников и наличия у них соответствующих удостоверений и других документов.

Трубы, детали трубопроводов и арматура должны соответствовать требованиям соответствующих нормативных документов, ПНР, СНиП 2.05.06-85, СП 34-101-98. К ним должны быть приложены сертификаты и паспорта предприятий. Входной контроль металла (труб, листов, профильного проката), конструктивных элементов трубопроводов, поступающих на предприятие ЖКХ включает следующие контрольные операции:

- а) проверку наличия сертификата или паспорта, полноты приведенных в нем данных и соответствия этих данных требованиям стандарта, технических условий или конструкторской документации;
- б) проверку наличия заводской маркировки и соответствия ее сертификатным или паспортным данным;
- в) осмотр металла и конструктивных элементов для выявления поверхностных дефектов и повреждений.

При отсутствии сертификата или неполноте сертификатных данных применение этого металла может быть допущено только после проведения испытаний, подтверждающих соответствие металла всем требованиям стандарта или технических условий.

Конструктивные элементы трубопроводов, не имеющие заводского паспорта (сертификата), не могут быть допущены для дальнейшего производства (монтажа, ремонта, укрупнения).

Трубы, детали трубопроводов и арматура с недопустимыми дефектами к сборке не допускаются. На поверхностях труб и деталей не допускаются: трещины, плены, рванины, закаты любых размеров. ; царапины, риски и задиры глубиной более 0,2 мм; местные перегибы, гофры и вмятины; расслоения в зоне шириной 25 мм от торца труб; расслоения металла труб длиной более 80 мм в любом направлении.

Входной контроль основных материалов (металла и конструктивных элементов) осуществляет в соответствии с ГОСТ 24297—87 организация — заказчик этих материалов. Результаты входного контроля должны быть переданы монтажной организации.

Концы труб с забоинами и задирами фасок глубиной более 5 мм или вмятинами глубиной более 3,5% от размеров диаметров труб, а также любые вмятины должны быть отрезаны.

Следующая операция - правка свариваемых труб. Правка выполняется путем механического воздействия. После правки выполняется зачистка от загрязнений и ржавчины. После зачистки выполняется разметка трубы и по разметке разрезаем ее. Возможны два варианте резки: механическая или газокислородная.

Нарезанные трубы отправляются к месту монтажа. Операция сборки выполняется с применением приспособлений и измерительного инструмента. Выполняем предварительный подогрев металла в зоне сварки для выравнивания температуры. Выполняем прихватки в двух, диаметрально противоположных точках. Длина прихватки 8—12 мм, высота — не более 1,2 мм. После контроля выполняется операция сварки. Накладываются 3 валика длиной по 10—15 мм. В процессе сварки конец присадочной проволоки все время должен находиться в ванне расплавленного металла во избежание насыщения шва кислородом и азотом воздуха.

Сварку ведут нормальным пламенем. Сварку выполняют левым (справа налево) способом. Угол наклона присадочной проволоки 30—45° к оси шва. Перемещение горелки на металле толщиной от 1,5 до 5 мм— по вытянутой спирали.

Применять в качестве присадки проволоку Св-08, Св-08А или Св-08АА диаметром 3 мм. Сварку выполнять только однослойным швом. Ширина шва 4—6 мм, высота 1— 1,5 мм. Необходимо обеспечить плавный переход к основному металлу. Численные значения расхода горючего газа (ацетилена) вычисляем по расчетной зависимости:

$$Q_a = (100 \dots 130)^2 = 200 \dots 260 \text{ литров/час.}$$

Для нормального пламени расход окислителя (кислорода) Q_k вычисляем по расчетной зависимости:

$$Q_k = Q_a / 1,3 = 153 \dots 200 \text{ литров/час.}$$

Поворотные вертикальные стыки сваривать в одном направлении при полувертикальном расположении наконечника горелки, постепенно поворачивая трубу; неповоротные — сваривать снизу вверх с каждой стороны трубы, смещая начало и конец шва от вертикальной оси.

По окончании сварки стыка производится контроль. При сварке водопроводов необходимо осуществлять систематический контроль качества сварочных работ и сварных соединений, предварительный контроль (включая входной контроль), операционный контроль и приемочный контроль сварных соединений.

Результаты предварительного и операционного контроля должны оформляться отдельными документами или фиксироваться в журналах организации, выполняющей этот контроль.

Визуальному контролю подвергаются все законченные сварные соединения независимо от марки стали, категорий типа сварного соединения, назначения и условий работы, включая сварные соединения, не работающие под давлением (приварка к трубам шипов, элементов опор, подвесок и др.).

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль производится невооруженным глазом или с помощью лупы 4—7-кратного увеличения для участков требующих уточнения характеристик обнаруженных дефектов с применением, при необходимости, переносного источника света.

Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натёки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений.

Измерительный контроль сварных соединений (определение размеров швов, смещения кромок, переломов осей, углублений между валиками, чешуйчатости поверхности швов и др.) следует выполнять в местах, где допустимость этих показателей вызывает сомнения при визуальном контроле, если в проектно-технологической документации нет других указаний. Размеры и форма шва проверяются с помощью шаблонов, размеры дефекта — с помощью мерительных инструментов

Кроме визуального предусмотрен еще контроль на герметичность, гидроиспытаниями. Указанный вид контроля предусмотрен после выполнения трубопровода. Не допускаются протечки, отдельные капли.

Анализ применяемого на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства технологического процесса ремонтной сварки показывает, что ему сопутствует комплекс недостатков. Их негативное действие можно нивелировать автоматизацией и механизацией процесса сварки. Недостаток здесь заключается в том, что ремонтные работы в условиях жилищно-коммунального хозяйства незначительные по объему, следовательно оборудование для их выполнения априори должно быть недорогим. Кроме того, работы ведутся в условиях жилых квартир. Значит, оборудование должно быть маневренным. Исходя из перечисленного становится понятно, почему характеризующая простотой и маневренностью технология ацетилено-кислородной сварки и сварки штучными электродами по-прежнему в арсенале сотрудников жилищно-коммунального хозяйства.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности при ремонтной сварке трубопроводов ЖКХ. Результатом анализа установлено, что применяемая технология ремонта таких трубопроводов требует нагрева до температур, превышающих 1500°C. Следовательно, характеризуется значительными затратами энергии. Другим негативным фактором является применение технологий получения сварных швов, основанных на

последовательном выполнении соединения. Следовательно, характеризуется значительной трудоемкостью.

Вместе с тем, известно что для трубопроводов применяют полимерные материалы. Температура нагрева под сварку полимерных труб всего несколько сотен градусов. Применяемые технологии сварки позволяют получать соединение по всей площади стыка.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор материала труб;
2. Выбор способа сварки;
3. Разработка типового технологического процесса сварки;
4. Выбор оборудования;
5. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
6. Экономическая оценка предложенного варианта сварки.

2 Проектный технологический процесс сварки

2.1 Выбор материала трубопровода

Достижение цели работы просматривается в применении новых конструкционных материалов для трубопроводов. Полимерные трубы все активнее вытесняют стальные. Практика показывает, что при правильном монтаже срок эксплуатации полимерных труб в несколько раз выше, чем стальных.

Полимерные трубы не нуждаются в защите от коррозии. У труб из полимеров меньше гидравлическое сопротивление. Следовательно, можно поставить насосы меньшей мощности или применить трубы меньшего диаметра. Важным преимуществом в данном направлении является и то, что с годами полимерные трубы не зарастают изнутри, следовательно с течением времени их пропускную способность не меняется.

Еще одно преимущество - при одинаковом диаметре они легче стальных. Следовательно меньше затраты на перевозку, легче операция разгрузки.

Меньшая, чем у стальных труб теплопроводность полимерных дает возможность отказаться от изоляции труб. Важным, с точки зрения жителей квартир является отсутствие конденсата на наружных стенках трубы.

Также можно к преимуществам отнести диэлектрические характеристики полимерных труб. В них нет блуждающих токов.

Таким образом, перспективным выглядит замена традиционного материала труб – стали – на полимерный материал.

Наибольшее распространение получили трубы из полипропилена, сополимер полипропилена — рандом типа 3 (PPR 80). Они обладают следующими достоинствами по сравнению с другими видами полимерных труб. Наибольшее распространение в качестве полимерного материала для труб нашел поливинилхлорид, полиэтилен. Также широко применяют трубы

из металлопластика.

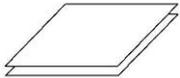
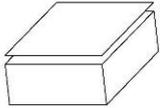
Полипропилен химически стоек к большинству растворителей как кислотного, так и щелочного типа. Температурный диапазон эксплуатации труб от -10°C до $+90^{\circ}\text{C}$. Если в полипропиленовых трубах замерзает вода, это не приводит к их разрушению.

Кроме того, данный материал при утилизации и разложении не загрязняет среду токсичными продуктами.

Есть, конечно, недостатки. Традиционный для всех полимеров – деструкция под воздействием ультрафиолета. И низкая твердость.

В зависимости от физической формы полимера и вида изделия используется тот или другой вид сварки, таблица 2.1.

Таблица 2.1 - Способы сварки пластмасс по источнику нагрева

Форма материала	Изделия	Способ сварки по источнику энергии	Возможности механизации и автоматизации
Трехмерный 	Трубы, плиты	Горячий газ. Нагретый инструмент, трение, горячая присадка	В основном ручной, механизированный или частично автоматизированный
	Фасонные детали	Ультразвук, нагретый инструмент, трение или вибротрение	Автоматизированный
Двумерный 	Пленочная упаковка, покрытия, подложка	Токи высокой частоты, ультразвук, нагретый инструмент, излучение	Преимущественно автоматизированный и механизированный
Одномерный 	Волокнистые нетканые материалы	Нагретый инструмент, ультразвук	То же
	Ткани из синтетических волокон	Ультразвук, токи высокой частоты, нагретый инструмент, излучение	То же
Комбинированный 	Волокнистые материалы с пленочным покрытием (искусственные кожи)	Ультразвук, токи высокой частоты, нагретый инструмент, излучение	То же

К достоинствам способа сварки нагретым газом и инструментом следует отнести простоту оборудования и технологии. При этом получаются

высокие механические характеристики сварного шва. Для получения сварных соединений трубопроводов из полимерных материалов эти способы применяют наиболее широко.

К достоинствам способа высокочастотной сварки следует отнести высокую производительность. Но данный способ характеризуется такими недостатками как ограниченная номенклатура соединяемых пластмасс и сложностью оборудования.

Сварка расплавом используется преимущественно для получения протяженных швов при соединении материалов достаточно большой толщины.

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.

Зачастую полимерные материалы соединяют технологией склеивания. Однако низкая производительность и прочность клеевого соединения являются принципиальными недостатками. Поэтому рекомендовать склеивание не будем.

Каждый из видов сварки пластмасс имеет свои преимущества и недостатки, и в зависимости от физико-механических свойств материала, назначения изделия, серийности выпуска и т.д. предпочтение может быть отдано тому или иному из перечисленных видов сварки.

Из перечисленных способов некоторые в принципе не подходят для соединения труб, см. табл. 2.1. Недостатки способа нагретым газом, в некоторой степени повторяют недостатки применяемого способа ацетиленокислородной сварки стальных труб.

Поэтому останавливаемся на способе сварки нагретыми инструментом.

Для разработки технологии сварки следует изучить номенклатуру предлагаемых промышленностью труб. Требования к трубам и фасонным

деталюм сформулированы в ГОСТ Р 52134-2003 «Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления.»

Трубы из этого материала универсальны в плане транспортировки жидкости. Она может иметь температуру от минус 10С до +90°С; возможно кратковременное повышение до +110°С. Вода в трубах из этого материала может замерзать без угрозы разрушения материала.

Полипропиленовые трубы выпускаются черного, серого, белого и зеленого цвета. Геометрические параметры труб PN10 и PN20 приведены в таблице 2.2. PN10 – тонкостенные трубы, их рабочее давление до 10 атмосфер, PN20 – толстостенные трубы, рабочее давление до 20 атмосфер.

Таблица 2.2 – Характеристики полипропиленовых труб

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Масса п/м, кг	Температура эксплуатации
Труба PN10			
20	2	0,216	+20°С, теплые полы до +45°С.
25	2,3	0,326	
32	3,0	0,448	
40	3,7	0,613	
50	4,8	0,725	
63	5,8	0,951	
Труба PN20			
20	3,4	0,390	+80°С
25	4,2	0,459	
32	5,4	0,520	
40	6,7	0,746	
50	8,4	0,899	
63	10,5	1,215	

Важным является также номенклатура соединительных деталей. Сварка нагретым инструментом реализуется методом раструбной сварки. Поэтому также анализируем номенклатуру фитингов, выпускаемых промышленностью. Это муфты, рисунок 2.1, тройники, рисунок 2.2, переходные тройники, рисунок 2.3, угольники, рисунок 2.4 и отводы, рисунок 2.5.

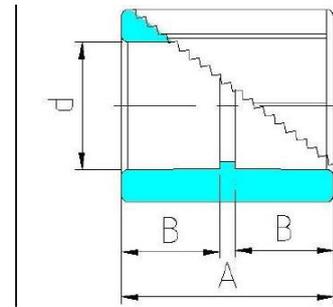


Рисунок 2.1 – Муфта.

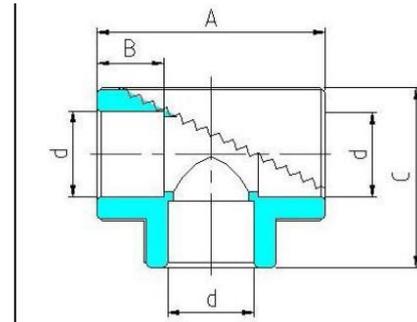


Рисунок 2.2 – Тройник.

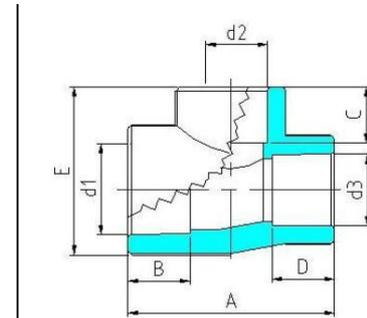


Рисунок 2.3 – Тройник переходной.

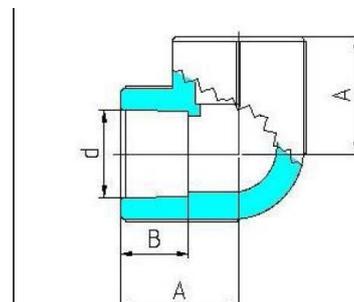


Рисунок 2.4 - Угольник



Рисунок 2.5 – Отвод.

Характеристики деталей, показанных на рисунках 2.1...2.5, позволяют выполнить трубопровод, см. рис. 1.1...1.3. Можно сделать вывод, что замена базового материала, сталь, на полимерный материал. полипропилен для трубопроводов системы жилищно-коммунального хозяйства технически возможна.

Для раструбной сварки нагретым элементом применим аппарат СМ-01 SET. Аппарат предназначен для сварки труб диаметром от 20 мм до 63 мм.

Перед началом работы с аппаратом его следует разместить на ровной горизонтальной поверхности. В зависимости от диаметра соединяемых труб из комплекта аппарата необходимо выполнить установку на штатные места в нагревателе насадок требуемого размера. Насадки парные, в одну для нагрева устанавливают трубу, в другую насадку устанавливают фитинг. Затем с помощью регулятора температуры устанавливают ее значение 260°C. После выполнения подготовительных операций с аппаратом включают его нагрев. Согласно инструкции и наблюдениям нагрев аппарата раструбной сварки до таких значений температуры, примерно 5-10 мин.

Параллельно выполняются подготовительные операции с трубами. Выполняются их замеры и замеры помещения, резка согласно выполненным замерам. Полученные после резки поверхности необходимо выровнять и зачистить. После разогрева аппарата СМ-01 SET до установленной температуры конец трубы и внутренняя поверхность фитинга обезжириваются и устанавливаются на насадки. После установки выполняется контроль на наличие зазоров в прилегании трубы или фитинга к насадке сварочного аппарата. После прогрева, выполняется сборка трубы и

фитинга и последующая фиксация на несколько минут. Требование при этом – исключение взаимных перемещений трубы и фитинга. После выдержки в течение нескольких минут получается сварное соединение.

Последняя операция - контроль. Согласно СНиП 3.05.04 напорные и безнапорные трубопроводы водоснабжения и канализации испытывают на прочность и плотность (герметичность) гидравлическим или пневматическим способом дважды (предварительное и окончательное).

Предварительное испытательное (избыточное) гидравлическое давление при испытании на прочность должно быть равно расчетному рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,5.

Окончательное испытательное гидравлическое давление при испытаниях на плотность, выполняемых после завершения всех работ на данном участке трубопровода, но до установки гидрантов, предохранительных клапанов и вентузов, вместо которых на время испытания устанавливаются заглушки, должно быть равно расчетному рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,3.

До проведения испытания напорных трубопроводов с раструбными соединениями с уплотнительными кольцами по торцам трубопровода и на отводах необходимо устраивать временные или постоянные упоры.

Предварительное гидравлическое испытание напорных трубопроводов следует производить в следующем порядке:

- трубопровод заполнить водой и выдержать без давления в течение 2 ч;
- в трубопроводе создать испытательное давление и поддерживать его в течение 0,5 ч;
- испытательное давление снизить до расчетного и произвести осмотр трубопровода.

Выдержка трубопровода под рабочим давлением производится не менее 0,5 ч. Ввиду деформации оболочки трубопровода необходимо поддерживать в трубопроводе испытательное или рабочее давление

подкачкой воды до полной стабилизации.

Трубопровод считается выдержавшим предварительное гидравлическое испытание, если под испытательным давлением не обнаружено разрывов труб или стыков и соединительных деталей, а под рабочим давлением не обнаружено видимых утечек воды.

Окончательное гидравлическое испытание на плотность проводится в следующем порядке:

- в трубопроводе следует создать давление, равное расчетному рабочему давлению, и поддерживать его 2 ч; при падении давления на 0,02 МПа производится подкачка воды;

- давление поднимают до уровня испытательного за период не более 10 мин и поддерживают его в течение 2 ч.

Гидравлические испытания систем из полимерных материалов внутренних трубопроводов проводят при положительной температуре окружающей среды не ранее, чем через 24 ч после выполнения последнего сварного и клеевого соединения.

3 Безопасность и экологичность проекта

3.1 Технологическая характеристика рассматриваемого технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология сварки полимерных труб на предприятиях ЖКХ». В настоящее время ремонтная сварка стальных трубопроводов в жилых зданиях выполняется с применением нагрева ацетилено-кислородным пламенем. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применив новые материалы и раструбную 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, СМ-01 SET.	
		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Сварочный аппарат, СМ-01 SET.	
		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 СМ-01 SET..

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 замена материала труб и выполнение раструбной сварки нагретыми элементами. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных нагревом соединяемых труб и фитингов до высоких температур, возможно действие выделяемых при нагреве полимера 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, СМ-01 SET..
3	Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная	Сварочный аппарат, СМ-01 SET..
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 СМ-01 SET.	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, организация на производственном участке добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве,

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
1	2
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при деструкции полимера.

Продолжение таблицы 3.8

1	2
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 рамках выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы выполнялась выявление негативных факторов, сопровождающих предлагаемые технологические решения, и их оценка на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Выполнен анализ операций технологического процесса разделительной резки неметаллических предметов кислородным копьем. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс способа кислородной резки. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение горящего факела.

Для защиты задействованных в операции резки работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования. Установлено, что применение стандартных средств защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного

технологического процесса резки. 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. В основном ущерб возможен по причине нарушения производственной санитарии. Однако 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 атмосферы и литосферы.

.
.

4 Экономическая эффективность проекта

Применяемый а предприятиях ЖКХ вариант сварки стыков стальных трубопроводов предусматривает нагрев ацетилено-кислородным. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта замену материала труб на полимерные. Годовой экономический эффект получаем за счет внедрения в проектную технологию нового материала и более производительного оборудования и за счет этого повышения производительности труда. Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 4.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки применяемой в настоящее время на предприятии технологии наплавки изношенных деталей мельниц аксиальных и принцип их устранения при использовании механизированной наплавки.

Таблица 4.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Необходимость нагрева стальных труб до температуры 1500°С и более. Требуется высокотемпературный источник нагрева, ацетилено-кислородное пламя. Сварка стыка дугой ведется последовательно, производительность низкая.	Температура размягчения полипропилена 250-300°С. До такой температуры можно нагреть быстро и по всему свариваемому участку сразу. Высокая производительность.
Сложность автоматизации процесса ацетилено-кислородной сварки. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий..	Нагрев производится нагревателями сопротивления, процесс легко автоматизировать, так как меньше количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать.. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.

Расчет производим по изменяющимся операциям (сварка) технологического процесса на один стык.

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

№ п/п	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Баз.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая, количество соединяемых на предприятии стыков	Нпр	шт	500	500
2	Цена присадочного материала	Цэл	Руб/кг	54	-
3	Коэф. транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
4	Утверждённая часовая тарифная ставка работника	Сч	Руб/час	74,89	53,16
5	Коэф. доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
6	Отчисления на дополнительную заработную плату	-	%	12	12
7	Отчисления на социальные нужды	-	%	30	30
8	Цена оборудования	Цоб	Руб	15000	42000
9	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18
10	Мощность установки	Му	кВт	-	4,4
11	Коэф. Полезного действия установки	КПД	-	-	0,78
12	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	-	2,2
13	Удельный расход горючего газа	Узг	М ³ /час	50	-
14	Стоимость горючего газа	Цзг	Руб/м ³	50	-
15	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
16	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	8	11
17	Затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	-	%	2	2
18	Нормативный коэф. Экономической эффективности дополн. капит. вложений	Ен	-	0,33	0,33
19	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
20	Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех		2,50	2,50

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4	5	6
21	Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав		2,15	2,15
22	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

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:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.н} \quad (4.1)$$

где $t_{n-з}$ – подготовительно-заключительное время, $t_{n-з} = 0,05\%$ от t_0

$t_0 = t_M$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_в$ – 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: $t_в = 10\%$ от t_0 ;

$t_{отл}$ – 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_0 ;

$t_{обсл}$ – 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: $t_{обсл.} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустранимых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, в картах технологического процесса заложено 1% от t_0 .

По базовому варианту сварка стыка стальной трубы выполняется технологией ацетилено-кислородной сварки. В проектном сварка стыка полимерной трубы выполняется технологией полуавтоматической сварки нагретым элементом. Время в таблице 4.3 приведено в часах.

Таблица 4.3.

Вариант	$t_{маш}$	$t_{всп}$ 15%	$t_{обсл}$ 10%	$t_{отл}$ 5%	$t_{п-з}$ 1%	$t_{шт}$
Базовый:	0,04	0,006	0,004	0,002	0,0004	0,0524
Проект.	0,025	0,0375	0,025	0,0125	0,0025	0,03275

4.3 Капитальные вложения в оборудование

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

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

где: $K_{пр}$ – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{соп}$ – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{пр} = \sum C_{об} * k_з \quad (4.6)$$

где $\sum C_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_з$ – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

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

где: $N_{пр}$ – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$ – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

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

Для выполнения принятой $N_{пр}$ принимаем целое число единиц оборудования ($n_{об.прин}$).

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

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

где: D_k – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$ – количество выходных дней в году;

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

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

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

После подстановки в формулу (4.9) численных значений соответствующих переменных, получим

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

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{500 \cdot 0,0524}{1812} = 0,06 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{500 \cdot 0,0327}{1812} = 0,04 \text{ шт}$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,06}{1} = 0,06$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,12}{1} = 0,04$$

$$K_{\text{прб}} = 15000 \cdot 0,06 = 900 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 42000 \cdot 0,04 = 1680 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

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

$K_{\text{монт}}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{\text{дем}}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{\text{площ}}$ – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = \sum C_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (4.11)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

Затраты $K_{\text{монт}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы 2.11:

$$K_{\text{монт}} = 42000 * 0,2 = 8400 \text{ руб.}$$

Затраты $K_{\text{дем}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{дем}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (4.12)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 15000 * 0,2 = 3000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * C_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (4.13)$$

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

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

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

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 1680 + 8400 + 3000 + 5400 = 18480 \text{ руб}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 900/500 = 1,8 \text{ руб}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 18480/500 = 36,96 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

При ремонтной сварке трубопроводов используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение

присадочных прутков. Проектная технология сварки предусматривает сварку полимерного трубопровода при которой нет присадочных материалов. Затраты на материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ = ЗМ_{осн} + ЗМ_{всп} \quad (4.15)$$

Расход основных и вспомогательных материалов определяют на основании чертежа и карт технологического процесса, нормативных справочников и стандартов предприятия.

Затраты на основной материал:

$$ЗМ_{осн} = Н_{м} * Ц_{м} * k_{т.з} - Н_{отх} * Ц_{отх} \quad (4.16)$$

$H_{отх}$ и $C_{отх}$ рассчитывают в том случае, если есть отходы. У нас их нет.

$H_{м}$ – норма расхода основного материала на одно изделие, м;

$C_{м}$ – цена одного кг основного материала изделия, руб.;

$k_{т.з}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов;

$$ЗМ_{оснб} = 500 \cdot 6 \cdot 1,05 = 3150 \text{ руб}$$

$$ЗМ_{оснпр} = 500 \cdot 6 \cdot 1,05 = 3528 \text{ руб.}$$

Затраты на электроды для базового варианта рассчитываем по формуле:

$$ЗМ_{эл.} = Н_{эл.} \cdot Ц_{эл.} \quad (4.17)$$

где: $H_{эл.}$ – норма расхода присадочного материала, кг;

$C_{эл.}$ – цена присадочного материала, руб. за 1 кг.

$$ЗМ_{эл.} = 5 \cdot 78 = 390 \text{ руб}$$

$$ЗМ_{б} = 3150 + 390 = 3540 \text{ руб.}$$

$$ЗМ_{пр} = 3528 \text{ руб.}$$

Финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} C_{\text{э-э}} \quad (4.18)$$

где $P_{\text{об}}$ – полезная мощность оборудования, кВт;

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

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Полезную мощность оборудования определим по режимам сварки: сила тока и напряжение.

$$P_{\text{обпр}} = 146 \cdot 30 = 4400 \text{ Вт} = 4,4 \text{ кВт}$$

$$Z_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{4,4 \cdot 0,121}{0,78} 2,2 = 3,19 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} + Z_{\text{в.тех}} + Z_{\text{сж.возд}} \quad (4.19)$$

где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери на амортизацию оборудования, руб.;

$P_{\text{т.р}}$ – финансовые потери на текущий ремонт оборудования, руб.;

$Z_{\text{в.тех}}$ – финансовые потери на воду техническую;

$Z_{\text{сж.возд}}$ – финансовые потери на сжатый воздух.

Две последние позиции для применяемого на предприятии процесса и предлагаемого равны нулю, так как в технологическом цикле применяемой технологии и предлагаемой не применяется ни сжатый воздух ни вода.

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{об}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.20)$$

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, руб.;

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

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{об}}^{\text{б}} = \frac{15000 \cdot 4,36 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,35 \text{ руб}$$

$$A_{\text{об}}^{\text{пр}} = \frac{42000 \cdot 9,57 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,66 \text{ руб}$$

Финансовые потери на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{т.р}} \cdot k_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} \quad (4.21)$$

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

$$P_{\text{тр}}^{\text{б}} = \frac{15000 \cdot 35 \cdot 0,06}{1812 \cdot 100} = 0,17 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тр}}^{\text{пр}} = \frac{42000 \cdot 35 \cdot 0,04}{1812 \cdot 100} = 0,32 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$Z_{\text{об}}^{\text{б}} = 0,35 + 0,17 = 1,14 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об}}^{\text{пр}} = 0,66 + 0,32 = 2,53 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$Z_{\text{площ}} = \frac{C_{\text{площ}} * S_{\text{площ}} * Ha_{\text{площ}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 100 * 60} \quad (4.22)$$

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

$Ha_{\text{площ}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

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

$$z_{\text{б}}^{\text{пл}} = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 14,36}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,06 \text{ руб.}$$

$$z_{\text{пр}}^{\text{пл}} = \frac{3000 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 9,57}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,05 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы основных рабочих

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛосн} + \text{ЗПЛдоп.} \quad (4.23)$$

Объём основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.24)$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – норма штучного времени, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{нф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (4.25)$$

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;

$k_{\text{нф}} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

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

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{б}} = 0,0524 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 31,17 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{пр}} = 0,0327 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 14,43 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (4.26)$$

где k_d – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$ЗПЛ_{доп}^B = 31,17 \cdot 10 / 100 = 3,12 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{PP} = 14,43 \cdot 10 / 100 = 1,44 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПб = 31,17 + 3,12 = 34,29 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПпр = 14,43 + 1,44 = 15,87 \text{ руб.}$$

Объём O_{CH} отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{CH} = \PhiЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (4.27)$$

где $N_{соц}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{CH}^B = 37,29 \cdot 30 / 100 = 10,28 \text{ руб.}$$

$$O_{CH}^{PP} = 15,87 \cdot 30 / 100 = 4,76 \text{ руб.}$$

Значение $C_{тех}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{тех} = ЗМ + З_{э-э} + З_{об} + З_{пл} + \PhiЗП + O_{CH} \quad (4.28)$$

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

$$C_{тех}^B = 3540 + 1,14 + 0,06 + 34,29 + 10,28 = 3585,77 \text{ руб.}$$

$$C_{тех}^{PP} = 3528 + 3,19 + 2,53 + 0,05 + 15,87 + 4,76 = 3554,4 \text{ руб.}$$

2.5 Цеховая себестоимость

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + R_{\text{цех}}; \quad (4.29)$$

где $R_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$R_{\text{цех}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{цех}} \quad (4.30)$$

где $k_{\text{цех}}$ – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^B = 3585,77 + 31,17 \cdot 2,5 = 3585,77 + 77,92 = 3663,69 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{PP} = 3554,4 + 14,43 \cdot 2,5 = 3554,4 + 36,07 = 3590,47 \text{ руб.}$$

2.6 Заводская себестоимость

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + R_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + k_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.31)$$

где $R_{\text{зав}}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{зав}}$ – коэффициент общезаводских расходов, 1,8.

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЗАВ}}^B = 3663,69 + 31,17 \cdot 1,8 = 3663,69 + 56,10 = 3719,79 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{PP} = 3590,47 + 14,43 \cdot 1,8 = 3590,47 + 25,97 = 3616,44 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект

1	2	3	4	5
1	Затраты на материалы	М	3540	3528
2	Объем фонда заработной платы	ФЗП	34,29	15,87
3	Отчисления на социальные нужды	Осн	10,28	4,76
4	Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	1,14	2,53
5	Затраты на площади	Зпл	0,06	0,05
	Величина технологической себестоимости	Стех	3585,77	3554,40
6	Объём цеховых расходов		77,92	36,07
	Величина цеховой себестоимости	Сцех	3663,69	3590,47
7	Объём заводских расходов		56,10	25,97
	Величина заводской себестоимости	Сзав	3719,79	3616,44

2.7 Определение экономической эффективности

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

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{np} \right) \cdot N_{np} \quad (4.32)$$

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_{у.г.} = (3719,79 - 3616,44) \cdot 500 = 51675 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект $Э_{г}$ в сфере предприятий ЖКХ при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Э_{г} = [(C_{зав}^б + E_{н} \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пp} + E_{н} \cdot K_{уд}^{пp})] \cdot N_{пp} \quad (4.33)$$

После подстановки в формулу (4.33) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_{г} = [(3719,79 + 0,33 \cdot 1,8) - (3616,44 + 0,33 \cdot 36,96)] \cdot 500 = 46560 \text{ руб.}$$

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (4.34)$$

После подстановки в формулу (4.34) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,0524 - 0,0327}{0,0524} \cdot 100\% = 37\%$$

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

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.35)$$

После подстановки в формулу (4.35) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 37}{100 - 37} = 69\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{вГ}}} \quad (4.36)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{2929,5}{51675} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2. \quad (4.37)$$

4.8 Выводы по разделу

Анализ применяемой технологии ремонта трубопроводов выявил основной ее недостаток низкую производительность процесса, так как требуется высокая доля ручного труда. Проведенный анализ возможных вариантов сварки позволил рекомендовать замену материала трубопровода.

Для полимерных трубопроводов возможно применение автоматизированной сварки, время получения стыка при которой

значительно меньше. Внедрение способа с большей производительностью позволило уменьшить на 37% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 69%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 18480 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 46560 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости замены стальных труб на полимерные..

Заключение

Анализ базового технологического процесса сварки показал, что его недостатки обусловлены применяемым материалом - сталь.

Выполненный анализ возможных вариантов модернизации применяемой технологии сварки позволил рекомендовать замену материала на полимер и применить раструбную сварку нагретым инструментом.

Анализ номенклатуры выпускаемых промышленностью полимерных труб позволяет сделать вывод о наличии требуемой для прокладки трубопроводов холодной и горячей воды в жилых помещениях номенклатуры труб и соединительных деталей.

Также анализ показал на присутствие на рынке оборудования для сварки полимерных труб достаточного количества оборудования, позволяющего выполнять сварные соединения в условиях жилых помещений.

Разработан типовой технологический процесс сварки полимерных трубопроводов.

Применение нового материала для трубопроводов ЖКХ и соединения его компонентов по разработанной в бакалаврской работе технологии позволяет уменьшить на 37% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 69%. Сравнение ведется для трубопроводов из стали, соединяемых нагревом ацетилено-кислородным пламенем.

При этом, определенный в разделе «Экономическое обоснование» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 46560 руб.

Таким образом, поставленные в выпускной работе задачи выполнены и можно сделать вывод о достижении цели выпускной квалификационной работы.

Список используемых источников

1. Герасимов, П.А. Пластмассовые трубы в России и за рубежом / П.А. Герасимов // Эксперт, 2004, №5, с.82-84, 86-87.
2. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
3. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
4. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
5. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
6. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
7. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
8. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
9. Волков, С.С. Распределение температур и оценка прочности стыковых соединений жестких пластмасс по кинетической характеристике при ультразвуковой сварке / С.С. Волков, С.Ю. Алексеева. // Наука и образование. – Уфа, УГАТУ. – 2008. - № 2. С. 146-154.
10. Сысоев В.К. Гибридная светолазерная сварка полимеров // Исследовано в России. – 2008. - №6. – С. 22-24.
11. Трофимов, Н. В. Высокочастотная сварка деталей из пластмасс в изделиях сложной формы / Н. В. Трофимов, Ю. П. Юленец, А. В. Марков // Сварочное производство, 2009 - № 8 - С.28 - 31

12. Безменов Ф.В. Математическое моделирование процесса сварки термопластов / Безменов Ф.В. // Сварочное производство, 1995 - №5 - С.27-28.
13. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977. – 192 с.
14. 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.
15. 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.
16. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
17. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
18. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
19. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
20. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
21. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

22. Dilthy, U., Reisinger U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
23. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
24. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
25. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
26. Евтифеев, П.И. Стыковая и электродуговая сварка (технология и оборудование) / П. И. Евтифеев. — Л.: Машиностроение, 1977. — 208 с.
27. Тростянская Е.Б. Сварка пластмасс / Тростянская Е.Б., Комаров Г.В., Шишкин В.А. – М.: Машиностроение, 1967. – 252 с.
28. Зайцев, К.И. Сварка пластмасс / Зайцев К.И., Мацук Л.Н. – М.: Машиностроение, 1978 – 224 с.
29. Справочник по сварке и склеиванию пластмасс \ А.Н. Шестопап и др. – Киев: Техника, 1986
30. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
31. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
32. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.

33. Снисарь, В.В. Влияние легирования аустенитного шва азотом на развитие структурной неоднородности в зоне сплавления с перлитной сталью / В. В. Снисарь, В. Н. Липодаев, В. П. Елагин [и др.] // Автоматическая сварка. – 1991. – № 2. – С. 10–14.
34. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
35. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
36. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
37. Краснопевцева И.В. / Выполнение курсовой работы по дисциплине «Организация машиностроительного производства»: Методическое пособие для вузов [текст] / Краснопевцева И.В. М-во обр. и науки РФ, Тол. гос. универ. – Тольятти: ТГУ, 2015. - 31 с.
38. Экономика и организация производства в дипломных проектах: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / К.М. Великанов, Э.Г. Васильева, В.Ф. Власов и др.; Под. Общ. ред. К.М. Великанова – 5-е изд., перераб. и доп. – Л: Машиностроение отделение, 1996 – 285 с.
39. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.