

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка технологии сварки технологических трубопроводов ПАО
«Куйбышевазот»

Студент	<u>А.В. Дорогов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>А.Л. Федоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке технологических трубопроводов. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- 1) выбран перспективный способ сварки, повышена его эффективность применительно к рассматриваемой конструкции;
- 2) произведен обзор и выбор сварочных материалов и сварочного оборудования, установлены параметры режима сварки;
- 3) составлена проектная технология сварки технологического трубопровода с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных сварочных материалов и технологического оборудования;
- 4) произведен экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и работающего персонала;
- 5) произведена экономическая оценка предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

Пояснительная записка содержит __59__ стр., __8__ рисунков, _12_ таблиц.

Анализ базового технологического процесса сварки показал, что присущие ему недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса сварки.

Часть стыков предложено выполнять в стационарных условиях механизированным способом и с применением разработанного приспособления. Разработан технологический процесс механизированной сварки с применением проволоки сплошного сечения.

Для защиты персонала от вредных факторов предложены соответствующие технические и организационные мероприятия.

Проведена экономическая оценка проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	7
1.1 Описание технологического трубопровода и условий его эксплуатации	7
1.2 Анализ свариваемости применяемого материала трубопровода	8
1.3 Анализ применяемого на предприятии процесса сварки	13
технологического трубопровода.....	13
1.4 Задачи бакалаврской работы.....	17
2 Разработка технологии восстановления	19
2.1 Подбор методов сварки	19
2.2 Разработка технологии механизированной сварки	23
3 Оборудование для реализации разработанного технологического процесса	27
4 Безопасность и экологичность проекта.	29
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.	29
4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки труб.	30
4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков	31
4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.....	32
4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	34
Заключение по разделу	35
5 Экономическая эффективность проекта.....	37
5.1 Исходные данные для экономического обоснования	38
сравниваемых вариантов	38
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	39
5.3 Расчет затрат на новое оборудование	40

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	51
Выводы по разделу.....	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	54

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что механизированная дуговая сварка в защитных газах приводит к росту производительности сварочных работ по сравнению с ручной дуговой. Системы механизированной дуговой сварки на трубопроводах, разработанные ведущими мировыми компаниями (ESAB, Lincoln Electric, CRC) используются уже не менее 40 лет. Однако все эти разработки касаются условий сварки при строительстве магистральных газопроводов. Опыт механизации ремонтных сварочных работ при производстве и ремонте технологических трубопроводов в монтажных условиях крайне ограничен.

В настоящее время при строительстве и ремонте технологических трубопроводов применяются технологии, которые предусматривают использование ручной дуговой сварки. С одной стороны, это связано с простотой сварочного процесса, его доступностью для монтажных условий ремонта, широким спектром имеющихся сварочных материалов и оборудования. В то же время ручной метод сварки регламентирован различными нормативно-техническими документами, которыми руководствуются при выполнении работ на технологических трубопроводах, в том числе и под давлением. Главным недостатком является сравнительно низкая скорость сварки, что отражается на продолжительности процесса строительства и ремонта.

Так как диаметр технологических трубопроводов может изменяться в широких пределах, равно как и толщина, то для учета особенностей всей номенклатуры соединений при разработке технологии сварки необходимо использовать комплексный подход. Комплексный подход заключается в определении и исследовании основных компонентов следующей аппаратурно-технологической цепочки: требования к сварному соединению – производительность процесса сварки – сварочный материал – источник питания для сварки – технология сварки неповоротных стыков – оборудование для сварки.

Таким образом – замена низкопроизводительного способа сварки на высокопроизводительные требует анализа всего технологического комплекса, задействованного при строительстве трубопровода.

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке технологических трубопроводов.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание технологического трубопровода и условий его эксплуатации

К основным условиям эксплуатации сварных конструкций обычно относят среду, с которой они контактируют, нагрузки, температуру, радиацию и время их совокупного воздействия. Влияние нагрузки различают по длительности воздействия и скорости приложения (статические, циклические, динамические и др.). Нагрузки могут возникать как от внешних воздействий, так и собственных деформаций при структурных превращениях и неравномерных нагревах. В сочетании с формой сварных соединений и элементов конструкций образуются сложные локальные напряжения, которые оказывают влияние на прочность и дальнейшую работоспособность сварных конструкций.

Различают циклический и динамический характер нагружения, который также относят к наиболее тяжелым режимам работы сварных конструкций. Многие стали чувствительны к скорости приложения нагрузок, особенно при наличии концентраторов напряжений, что, в свою очередь, требует проведения термической обработки после сварки и предъявления более жестких требований к нормам неразрушающего контроля ответственных элементов.

Для обеспечения устойчивости сварных конструкций при воздействии больших сжимающих усилий основное значение играет толщина применяемого металла, форма конструктивных элементов. Температурные требования также существенно зависят от материала. Например, черные металлы характеризуются пониженной прочностью при наличии концентраторов напряжений, что диктует определенные требования к выбору металла, его термообработки и к допускаемым размерам дефектов.

Особая ситуация возникает в области высоких температур эксплуатации оборудования, где важен правильный выбор соответствующей жаропрочной стали. В противном случае при длительном воздействии температуры это может привести к изменению прочности и пластичности материала, его структуры, тепловому охрупчиванию и разрушению.

Влияние среды на конструкцию еще более разнопланово. Например, коррозия металла при сочетании с нагрузками дает коррозионное растрескивание и усталость. Влияние температуры и нагрузок еще более усложняет ситуацию.

Трубопроводы, эксплуатируемые в условиях Куйбышевазот, подвержены воздействию большинства из перечисленных эксплуатационных факторов. Это агрессивные среды, высокие давления, действие внешних статических и динамических нагрузок.

1.2 Анализ свариваемости применяемого материала трубопровода

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

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

Таким образом, заданный материал обладает свариваемостью, если при данном технологическом процессе сварки конструкции удастся получить

соединение, которое отвечает техническим требованиям, предъявляемым к данному изделию.

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

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

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

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

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

Для количественной оценки свариваемости производят вычисления по формулам, главным в которых является учет содержания химических элементов. Например, при расчете по соответствующей формуле свариваемости низкоуглеродистой низколегированной стали принимают во внимание содержание в стали таких химических элементов, как

C, Mn, Si, Cr, Ni, Cu, V, P. В зависимости от содержания перечисленных элементов выполняется расчет углеродного эквивалента. Формула, по которой можно рассчитать эквивалент углерода для таких сталей выглядит следующим образом [9]:

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

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

Определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [5]:

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

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

Конечно, приведенные формулы не учитывают всего многообразия действующих на конструкцию факторов и всех нюансов технологического процесса сварки. Поэтому, в ряде случаев, для более точного ответа на вопрос о свариваемости того или иного материала руководствуются

результатами сварки т.н. технологических проб. В мировой практике сварщиков можно насчитать около 300 разных технологических проб. В основном пробы позволяют оценить свариваемость по образованию холодных или горячих трещин.

Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что применяемая при строительстве технологического трубопровода аустенитная сталь требует при сварке учета следующих особенностей:

- возможность появления межкристаллитной коррозии как металла шва так и основного;
- возможность появления горячих трещин;
- охрупчивание сварных швов при длительной эксплуатации сварных изделий при температурах превышающих 350°C;
- возможность деформации сварной конструкции;
- требуется простановка прихваток в большем количестве и большей длины, по сравнению со сваркой углеродистых и низколегированных сталей;
- для изделий, эксплуатируемых при температурах ниже минус 100°C, необходимо обеспечить аустенитную структуру шва, наличие феррита нежелательно.

Для увеличения стойкости к межкристаллитной коррозии могут быть применены следующие приемы:

- минимальное количество углерода в свариваемых сталях и присадочном материале;
- введение в свариваемый и присадочный материал элементов, обеспечивающих образование карбидов;
- закалка или стабилизирующий отжиг.

Поскольку перегрев таких сталей опасен, следует при разработке технологии предусмотреть вариант сварки с максимально возможной скоростью. Кроме того, во время заполнения разделки начинать каждый последующий проход можно только дождавшись охлаждения уже наплавленного валика до температур менее 100°C.

Возможен вариант, при наличии доступа, повышения стойкости к коррозии, при котором контактирующий с коррозионной средой слой шва выполняется в последнюю очередь. Применительно к нашему трубопроводу данный вариант нереален из-за малого диаметра, поэтому следует предпринять меры для снижения нагрева первого слоя, например:

- охлаждать разными способами – обдувом, обеспечением контакта с медными подкладками, применением таких технологических приемов как высокая скорость сварки, сварка электродом возможно меньшего диаметра, ниточными валиками.

- подбирать присадочные материалы, обеспечивающие аустенитно-ферритную структуру шва.

Борьба с горячими трещинами могут применяться такие технологические приемы как:

- обеспечение минимальной длины дуги;

- исключение поперечных колебаний;

- заправлять кратеры швов;

- в случае вынужденного обрыва дуги до ее повторного возбуждения обязательно убедиться в отсутствии горячей кратерной трещины, при наличии трещины кратер удалить механическим способом;

- при конструировании конструкций предпочтительными являются стыковые соединения;

- комбинированная сварка соединений больших толщин. Слои не контактирующие с агрессивной средой лучше выполнять присадочными материалами, обеспечивающими ферритную фазу.

Сварщики, занимающиеся сваркой стабильноаустенитных сталей должны быть обучены приемам борьбы с горячими трещинами.

Борьба со сварочными деформациями может включать такие технологические приемы как:

- сварка на высоких скоростях сварки, на короткой дуге;

- протяженные швы обратно-ступенчатым и другими методами);

– исключить К – образную разделку кромок – симметричная пердпочтительнее;

– если есть возможность применять обратные деформации при сборке под сварку.

1.3 Анализ применяемого на предприятии процесса сварки технологического трубопровода.

Первая операция применяемого на предприятии в настоящее время технологического процесса – входной контроль. Контролю подлежат трубы, арматура и прочие детали трубопровода а также вспомогательные сварочные материалы. Также выполняется контроль сопроводительной документации на трубы арматуру и прочие детали трубопровода и вспомогательные сварочные материалы. Кроме того, выполняется контроль правильности хранения вспомогательных материалов. Электроды ОК-61.30 должны храниться при температуре + 15°С и более в сухих отапливаемых помещениях. Герметичность и сохранность упаковки при хранении должны быть обеспечены. Срок хранения электродов ОК-61.30 до 1 года. Если срок хранения свыше 1 года или, условия хранения не были соблюдены должны пройти повторную проверку и использоваться в первую очередь. Хранить их уже нельзя. Вспомогательные сварочные материалы должны быть аттестованы.

Для выполнения прихваток и сварки применяются электроды ОК-61.30 диаметром 2,6 и 3,2 мм. Перед использованием электродов следует произвести проверку наличия сертификата на электроды, сохранности упаковки и самих электродов, наличие на каждой пачке электродов соответствующих этикеток и полноту указанных в них данных. Непосредственно перед сваркой следует произвести прокалку электродов и проверить их сварочно-технологические свойства. Прокалку электродов следует производить при температуре 330...370 °С и выдержке 2...2,5 часа.

Следующая операция применяемого на предприятии в настоящее время

технологического процесса – сборка. Непосредственно на участке сварки технологического трубопровода внутренние полости труб очищают от снега, грунта и других загрязнений.

Затем трубы монтируют автокраном типа КС обеспечивают подъем и центраторами типа ЦН обеспечивают соосность между трубами и зазор в соединении (рис. 1.3).

Прямолинейность труб в месте стыка проверяется контролированием просвета между концом металлической линейки (длина 400 мм) и поверхностью трубы. Поскольку рассматриваемый трубопровод относится к категории I, то просвет должен быть не более 1,5 мм на расстоянии 200 мм от стыка (рис. 1.4).

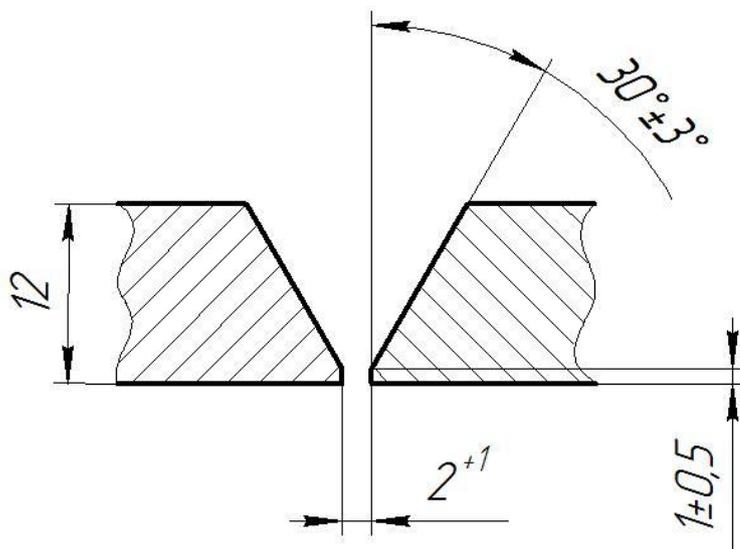


Рисунок 1.3 – Подготовка кромок свариваемых труб

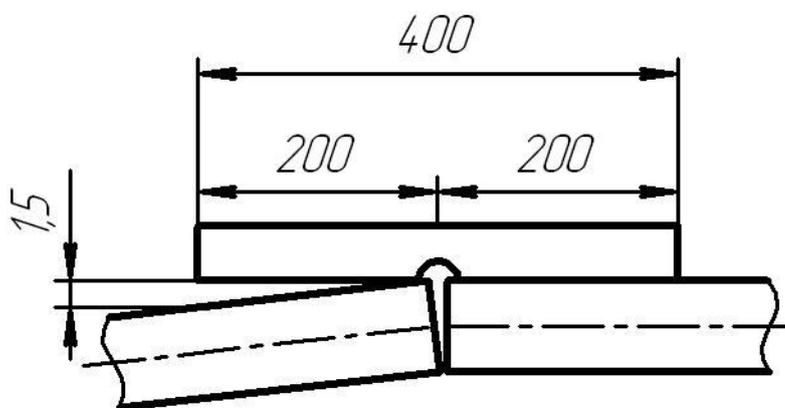


Рисунок 1.4– Контроль прямолинейности собираемых элементов

Сборку осуществляют на прихватках. Требования к прихватке: швы следует располагать равномерно по периметру стыка, число прихваток – 3...4 штуки, длина одной прихватки – 24...30 мм, высота прихватки – 5 мм. Прихватки следует выполнять с полным проплавлением и переваривать их при наложении первого слоя шва. Нельзя выполнять прихватки на потолочном участке стыка.

При выполнении прихваток диаметр электродов 3 мм, сила тока 90-100 А. Прихватки нужно зачистить, причем, начало и конец прихваток зачистить шлифовальным кругом.

Сварку стыков следует начинать сразу же после прихватки. Промежуток времени между прихваткой и сваркой не должен превышать 4 часа. Сварку следует производить без перерыва, если произошёл вынужденный останов, необходимо обеспечить медленное и равномерное охлаждение стыка под слоем изоляции (керамическое волокно плотностью 128 кг/м³), а перед возобновлением сварки стык следует подогреть.

Центраторы снимать после выполнения не менее 100% периметра корневого слоя шва. Сразу после окончания сварки корневого слоя зачистить снаружи трубы абразивным кругом.

Сварку выполняют короткой дугой, длина которой не должна превышать одного диаметра электрода. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу. Перед гашением дуги необходимо заплавить кратер. Последующее зажигание дуги производится на кромке трубы или на металле шва на расстоянии 20...25 мм от кратера. Для избежания зашлаковки металла шва около кромок труб следует наплавлять плоский валик.

При сварке используются электроды ОК-61.30 Ø2,6 мм. Ток сварки – 70...90 А, напряжение дуги – 22...26 В. Ток постоянный, полярность обратная. Высота валика сварного шва должна быть 2...4 мм, ширина валика – 4...10 мм.

Дугу необходимо зажигать в разделке кромок или на поверхности уже выполненного валика шва.

Сварку основного слоя шва выполняют, оставляя незаполненную до краёв разделку, рисунок 1.5, при этом остаточная глубина по всему периметру стыка должна быть 1,0...1,5 мм. Эта незаполненная глубина используется для наложения облицовочного слоя.

Сварку облицовочного слоя выполняют в два этапа, рисунок 1.8. На первом этапе обваривают кромки разделки, обеспечивая перекрытие кромок разделки. На втором этапе производят окончательную сварку облицовочного слоя шва.

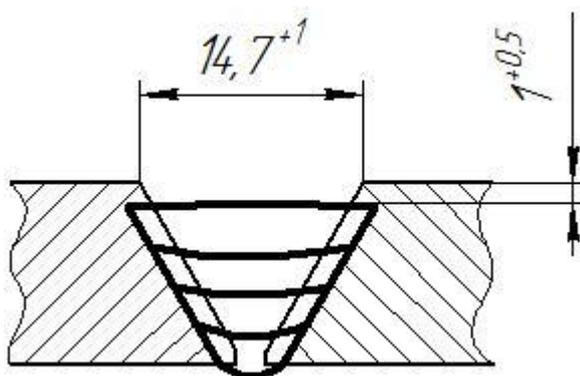


Рисунок 1.7 – Заполнение разделки (до заполнения облицовочного слоя)

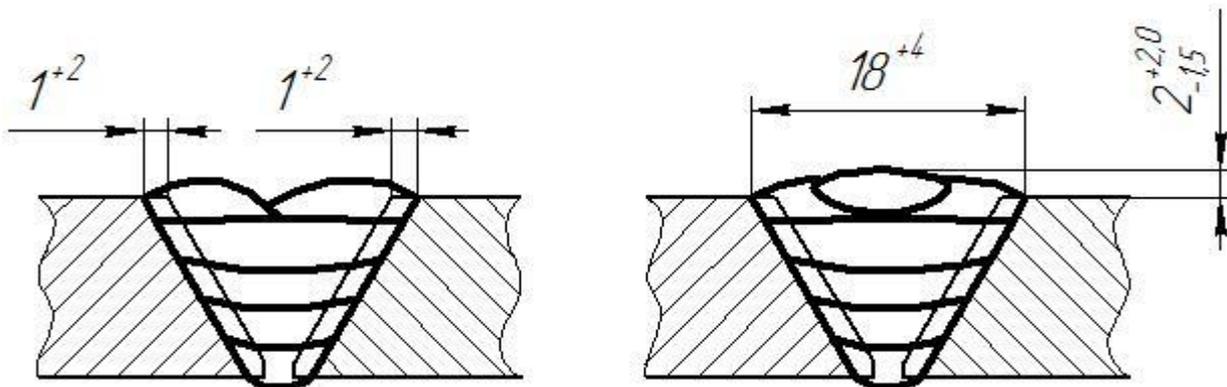


Рисунок 1.8 – Последовательность выполнения облицовочного шва

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

По внешнему виду швы должны удовлетворять следующим требованиям:

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

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

1.4 Задачи бакалаврской работы

В рамках настоящей выпускной квалификационной работы поставлена цель - повышение производительности и качества сварки технологических трубопроводов диаметром 219 мм из аустенитных сталей. При анализе современного состояния вопроса сварки технологических трубопроводов из аустенитных сталей были рассмотрены особенности конструкции и условий работы рассматриваемого объекта – технологического трубопровода из аустенитной нержавеющей стали. Выполнен анализ свойств стали и её свариваемости.

Базовая технология сварки технологического трубопровода с применением ручной дуговой сварки штучными электродами обладает следующими выявленными недостатками:

- 1) низкая стабильность качества сварных соединений из-за множественного числа дефектов;
- 2) малая производительность сварки вследствие применения штучного электрода и необходимости предварительного подогрева;
- 3) значительный расход сварочных материалов на разбрызгивание и огарки.

Устранение перечисленных недостатков возможно путём составления проектной технологии на основе перспективных способов сварки и сварочных материалов. Ранее в ходе выполнения анализа состояния вопроса

была показана возможность и перспективность применения механизированной сварки в защитных газах. В связи с этим можно сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых позволит достигнуть поставленной цели:

- 1) произвести обзор и выбрать перспективный способ сварки, повысить его эффективность применительно к рассматриваемой конструкции;
- 2) произвести обзор и выбор сварочных материалов и сварочного оборудования, установить параметры режима сварки;
- 3) составить проектную технологию сварки технологического трубопровода с использованием предлагаемого способа сварки и выбранных сварочных материалов и технологического оборудования;
- 4) произвести экологический анализ предложенных технологических решений на предмет возможной опасности для окружающей среды и работающего персонала;
- 5) произвести экономическую оценку предлагаемых технических решений на предмет эффективности их внедрения в производство.

2 Разработка технологии сварки

2.1 Подбор методов сварки

Сварочное производство как часть мировой экономики, связанной с изготовлением металлических конструкций, испытывает в последние годы существенное влияние спадов и подъемов в финансовой и деловой активности. Предприятия и организации, сферой деятельности которых являются изготовление и применение электродных материалов для дуговой сварки плавлением, стремятся оперативно адаптироваться к динамично изменяющимся потребностям рынка.

В рамках данной выпускной квалификационной работы рассматривается вариант ремонтной сварки трубопровода из стали 15X5М толщиной стенки 12 мм и диаметром трубы 325 мм. Применительно к рассматриваемой толщине трубы пригодными могут быть признаны следующие способы выполнения сварных соединений:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
 - механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;
 - механизированная сварка порошковыми проволоками в среде защитных газов и самозащитными порошковыми проволоками;
- сварка под флюсом.

В рамках выпускной квалификационной работы составляется проектная технология выполнения монтажных стыковых швов трубопроводов диаметром 219 мм (вертикальные и горизонтальные стыки). В связи с этим Пригодными могут быть признаны следующие способы выполнения сварных соединений:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов;

- механизированная сварка порошковыми проволоками в среде защитных газов и самозащитными порошковыми проволоками.

В настоящее время основную группу электродных материалов массового и специализированного назначения для сварки составляют штучные покрытые электроды, проволоки сплошного сечения и порошковые проволоки. Механизированные и автоматизированные процессы сварки проволоками предусматривают использование дополнительных присадочных и защитных материалов (флюс, газ), за исключением порошковых проволок. Общей тенденцией в изменении структуры производства и применения электродных материалов, особенно в развитых в экономическом отношении странах Юго-Восточной Азии (Япония, Южная Корея, КНР), Америки (США, Канада, Бразилия) и Европы (Великобритания, Германии, Франция, Италия, Голландия и др.), является устойчивый рост использования материалов для механизированной и автоматизированной (включая роботизированную) сварки [17].

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

Уровень технологии изготовления и поставки заказчикам электродов на ведущих предприятиях стран СНГ существенно вырос и приблизился к мировому по основным показателям. Решены вопросы качества нанесения покрытия, стартового участка, маркировки, расфасовки и упаковки. Номенклатура электродов остается относительно узкой. Отчасти это связано с объективными причинами состояния рынка потребления.

К недостаткам, которыми обладает сварка штучными электродами, можно отнести малую производительность плавления, которая обусловлена низкой плотностью тока на электроде, потерю части электродного материала на огарки, а также существенную зависимость качества сварных соединений

от квалификации и кондиции сварщика. Тем не менее, следует отметить широкие границы для регулирования сварочных свойств за счёт возможности существенного изменения состава покрытия электродов. Это приводит к тому, что и в настоящее время сохраняется высокая конкурентоспособность ручной дуговой сварки штучными электродами по сравнению с механизированными способами сварки.

В ведущих в экономическом отношении странах мира проволоки сплошного сечения для электродуговой сварки составляют более половины всего производства сварочных материалов [17]. При разделении по классам свариваемого металла проволоки используют преимущественно для сварки углеродистых и низколегированных, нержавеющей сталей, а также алюминиевых и титановых сплавов. Для достижения требуемых служебных свойств сварных соединений возможно регулирование показателей за счет состава не только проволоки, но и защитного материала (моногазы или смеси газов).

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

На основе использования современных физических и математических моделей, а также компьютерного моделирования процесса дуговой сварки плавлением созданы современные системы источников питания полупроводникового и инверторного типов с программно управляемыми характеристиками электрических параметров, связанных прямым и обратным адаптивным управлением с механизмом подачи проволоки в зону плавления.

Это позволило не только обеспечить надежность выполнения алгоритма сварки, но и существенно снизить энергозатраты, устранить влияние субъективного фактора. Рациональное, программно управляемое тепловложение в металл позволило достичь повышения значений свойств сварных соединений.

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

Для применения порошковых проволок в большинстве случаев требуется такое же оборудование, как и для проволок сплошного сечения. Однако в первом случае имеются определенные преимущества в технологичности, производительности и металлургической приспособляемости для сварки сталей широкой номенклатуры.

В производстве и применении порошковых проволок лидерство в последние годы сохраняют страны Юго-Восточной Азии (Япония, Южная Корея, КНР), где производство порошковых проволок превышает выпуск штучных электродов и приближается по объему к проволокам сплошного сечения. В США, Франции, Великобритании, Германии объемы применения порошковых проволок сравнялись с объемами ручной дуговой сварки покрытыми электродами за счет как развития собственных производств, так и допуска на свои рынки производителей из Юго-Восточной Азии (Японии, Южной Кореи).

Страны СНГ существенно отстают в этой области, что способствовало приходу на эту часть рынка продукции японских, южнокорейских и ряда европейских производителей. К сожалению, подобная ситуация складывается и в сфере закупки оборудования для механизированной и автоматизированной сварки.

В структуре применения порошковых проволок основную долю составляют проволоки для сварки в защитных газах (порошковые проволоки с рутиловым, основным и металлическим сердечниками). Особую группу составляют самозащитные проволоки, позволяющие вести процесс сварки без дополнительной защиты газом или флюсом, а потому наиболее приемлемые для сварочно-монтажных работ.

Большинство типов порошковой проволоки, в сравнении с проволоками сплошного сечения, обеспечивают лучшие технологические свойства (форму шва и провар соединения) и производительность сварки.

Таким образом, на основании выполненного анализа возможных способов сварки принимаем механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.2 Разработка технологии механизированной сварки

При механизированной сварке, укрупнении, в стационарных условиях начальные операции базовой технологии не меняются. Дополнительно выполняется контроль сварочной проволоки.

Сборка производится в условиях цеха и в приспособлении. Для сборки вместо автокрана применяется кран-балка. Собираемые детали укладываются в опоры и призмы приспособления. Выполняется фиксация труб в приспособлении. Операция наложения прихваток также не выполняется.

Затем выполняется корневой шов. Операция выполняется так же как и в базовой технологии.

Сварка заполняющих и облицовочного слоев механизированная проволокой сплошного сечения Св-06Х19Н9Т. Защитный газ – аргон. Сварка ведется по режиму - постоянный ток прямой полярности, ток $I_{св}=190-210$ А, напряжение $U_d=20-25$ В, скорость сварки $V_{св}=10-15$ м/час, расход аргона $Q_{зг}=10-12$ л/мин.

Вылет проволоки перед зажиганием дуги 12-15 мм. После возбуждения дуги вылет доводят до 20 мм. При сварке в потолочном

положении вылет увеличивается до 25-30 мм. При вылете меньшем, чем рекомендуется возможно появление пористости. При большом вылете процесс сварки нестабилен.

Поскольку приходится выполнять сварку кольцевого шва, угол наклона горелки следует менять. :

- в положении 12 час. угол должен составлять 20-30 град;
- при движении от 12 час. до 3 час. угол наклона горелки постепенно увеличивается до 45-50 градусов;
- от 3 час. до 5 час. угол наклона горелки постепенно уменьшается и доводится до 0 градусов (перпендикулярно телу трубы);
- от 5 часов до 6 часов наклон горелки меняется на противоположный и постепенно угол доводится до 10-15 град, «углом вперед».

Изменением угла наклона в некоторой степени можно контролировать степень проплавления. При уменьшении угла степень проплавления увеличивается, при увеличении угла уменьшается.

В связи с большой линейной скоростью сварки и особенностью формирования сварного шва в вертикальной плоскости перед выполнением облицовочного слоя в положении приблизительно 1^{00} - 5^{00} (2^{00} - 4^{00}) выполняется дополнительный корректирующий слой (один или два). Корректирующий слой позволяет обеспечить равномерность заполнения разделки перед сваркой облицовочного слоя. Протяженность и число корректирующих слоев (один или два) зависят от толщины стенки трубы и особенностей заполнения разделки каждым сварщиком. Заполняющие и облицовочный слои выполняются по методу «слой за проход».

При работе в потолочном положении возникает необходимость в некотором понижении скорости подачи проволоки. Это делается без остановки процесса сварки переключением в положение 2 переключателя, расположенного на рукоятке горелки. При этом скорость подачи проволоки автоматически понижается на 15-20%. Скорость сварки следует отрегулировать так, чтобы поддерживать соответствующую форму слоя и

контролировать сварочную ванну. Слишком низкая скорость может принести к повышенному разбрызгиванию сварочной ванны, возникновению пористости и шлаковых включений. Слишком высокая скорость сварки может привести к несплавлению кромок и неблагоприятной форме шва. Рекомендуемая скорость сварки - 14...20 м/ч.

В случае рестарта (возобновления процесса сварки) после обрыва дуги сварка начинается с верхней части предварительно очищенного кратера, кратер заполняется с малыми колебаниями проволоки и после этого сварка продолжается с нужной скоростью.

После окончания сварки заполняющего слоя произвести тщательную зачистку поверхности металлической дисковой щеткой.

Рекомендуется недозаполнить разделку на 1-2 мм в нижнем и потолочном положениях для чего последний заполняющий слой может не выполняться по всему периметру стыка (только в положении 1-5 час).

Выполнить сварку по центру разделки дополнительного (корректирующего) слоя в положении 1-5 час (ориентировочно). Корректирующий слой должен довести заполнение разделки в вертикальном положении практически до состояния "заподлицо". В некоторых случаях, если не удалось полностью заполнить разделку в вертикальном положении, на небольшом участке (ориентировочно в положении 2³⁰-3³⁰) выполняется второй корректирующий слой.

Выполнять послойную зачистку от шлака и брызг.

При выполнении заполняющих; слоев обрабатывать шлифкругом участки начала и конца сварки, а также замков.

Выполнить облицовочный слой. Сварной шов облицовочного слоя должен перекрывать основной металл на величину 2,5-3,5 мм без образования подрезов и непроваров по кромкам. Облицовочный слой шва и прилегающая поверхность труб должны быть подвергнуты чистовой обработке дисковой проволочной щеткой для очистки поверхности от шлака и брызг.

Количество заполняющих слоев зависит от величины зазора при сборке, угла разделки кромок и ряда других параметров.

Место начала и окончания процесса сварки каждого слоя (замок шва) должно располагаться на расстоянии не менее 20 мм от замков предыдущего слоя шва.

Каждый стык должен иметь клеймо, которое выполняется маркерами (или несмываемой краской) в верхней полуокружности трубы слева по ходу газа на расстоянии 100-150 мм от стыка. Запрещается маркировка сварочной дугой.

3 Оборудование для реализации разработанного технологического процесса

Разработка оснастки для сборки под сварку подразумевает лишением свариваемого изделия шести степеней свободы.

Для того, чтобы изделие находилось относительно сварщика в требуемом положении обеспечивают соприкосновение некоторых поверхностей изделия с поверхностями сборочной оснастки. Фиксация требуемого положения и постоянство контакта обеспечивается силами, в числе которых первым проявляется действие массы самой детали и сил трения.

В общем случае изделие контактирует с поверхностями элементов сборочной оснастки, называемыми опорами.

На чертеже №19.БР.СОМДиРП.000.61000.показано приспособление для сборки соединений «труба – труба». Приспособление состоит из ложементов (поз.1) сложной конфигурации, кот. показана на чертеже. На длине 9800 мм установлено 5 ложементов, которые крепятся на основании (поз.5). С их помощью собираются стыки «труба – труба». Кроме этого приспособление позволяет осуществлять сборку соединений «труба – отвод». Для этого используется ложемент (4) и (3). Общий вид приспособления для сборки св. соединений «труба – труба» и «труба – отвод» показаны на сборочном чертеже.

При разработке приспособления применим ручной привод зажимного механизма.

Приспособление спроектировано так, чтобы в нём можно было собирать не только трубы но и трубы с отводами. Диапазон диаметров труб, под которые рассчитано данное приспособление составляет соответственно 219 и 720 мм, что охватывает основные типоразмеры трубопроводов ПАО КуйбышевАзот.

В качестве оборудования для сварки трубопровода выбран полуавтомат

сварочный Origo Mig C420w PRO, рисунок 3.1. Его технические характеристики, сварочный ток - 50-420 А, диаметр проволоки 0,6-1,6 мм, вес 230 кг – нас устраивают. Важным является внутренне расположение катушки для проволоки.



Рисунок 3.1 – Полуавтомат сварочный Origo Mig C420w PRO,

4 Безопасность и экологичность технического объекта.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Согласно распоряжению по институту машиностроения тема бакалаврской работы сформулирована следующим образом: «Разработка технологии сварки технологических трубопроводов ПАО «Куйбышевазот»». В настоящее время сварка технологических трубопроводов в указанной организации производится технологией дуговой сварки штучными электродами. В разделе 1 настоящей работы у данной технологии выявлен ряд недостатков, и показано, что применяя механизированную сварку их можно нейтрализовать. Разработана технология механизированной сварки, естественно, что при внедрении данных технических решений необходимо предусмотреть мероприятия по нейтрализации опасных и вредных технологических факторов, сопровождающих технологию механизированной сварки.

Технологический паспорт производственного участка, на котором планируется внедрение результатов бакалаврской работы показан в таблице 4.1, схема на рисунке 4.1.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Технологический процесс	Выполняемые работы	Должности работников, реализующих данный техпроцесс	Вновь установленное оборудование	Вспомогательные материалы
Выполнение кольцевых сварных швов технологического трубопровода	Подготовка, сборка и сварка труб	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Полуавтомат Origo Mig C420w.	Присадочная проволока Св-06Х19Н9Т, аргон, круг абразивный

На участке в настоящее время размещен сварочный выпрямитель и вспомогательное оборудование, предназначенное для перемещения труб, их

сборки и контроля. Для внедрения разработанной при выполнении бакалаврской работы технологии механизированной сварки понадобится новый источник питания сварочной дуги и полуавтомат.

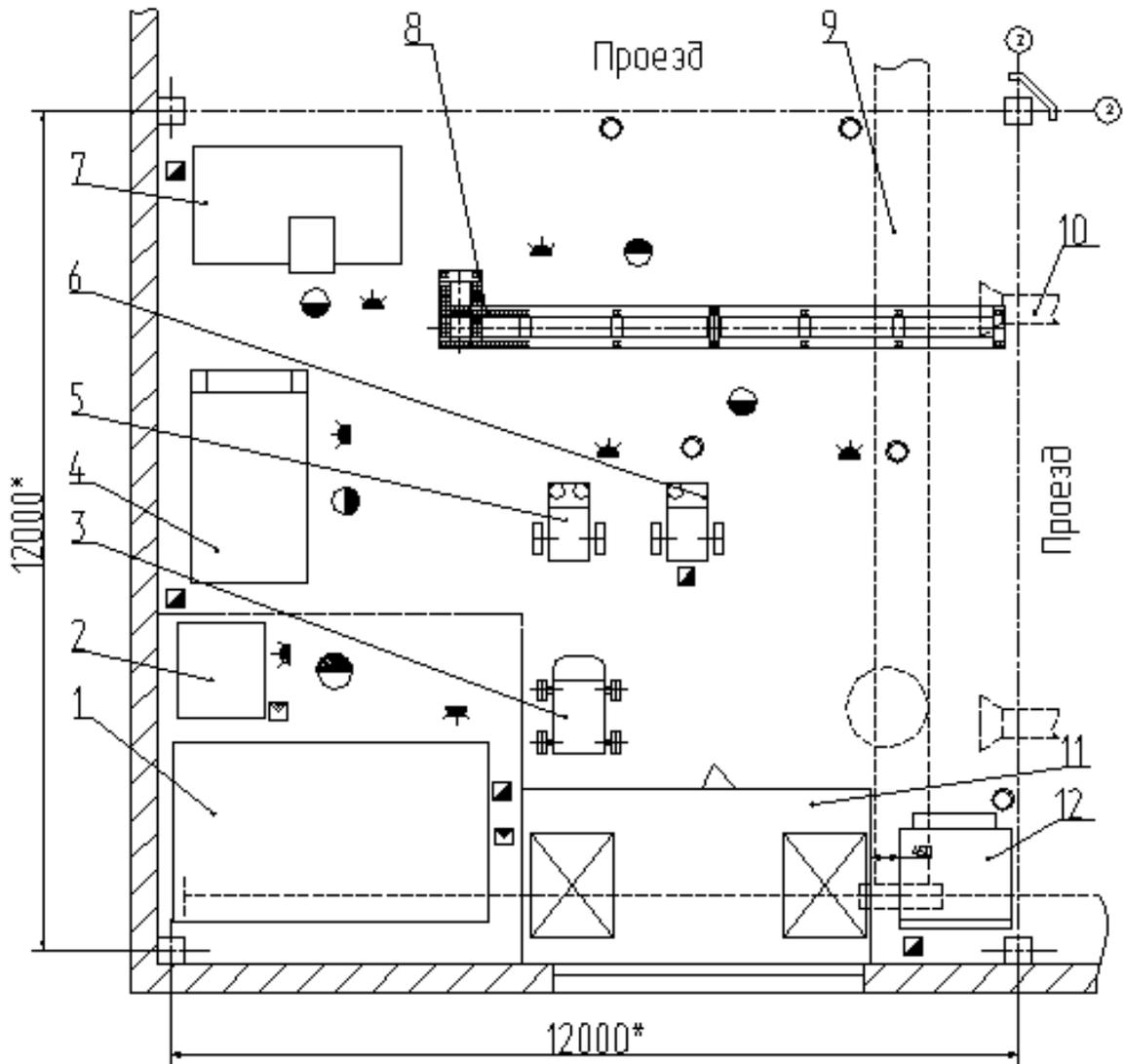


Рисунок 4.1 – Общий вид участка сварки труб

4.2 Риски, сопровождающие технологию сварки труб.

Различные негативные производственные факторы при действии на организм работников, реализующих разработанный в бакалаврской работе технологический процесс могут вызвать нетрудоспособность работника. В

таблице 4.2 систематизируем и проанализируем выявленные на участке сварки негативные производственные факторы.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

Выполняемые работы	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
Подготовка, сборка и сварка труб	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки. повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, от которого запитано оборудование; световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Полуавтомат Origo Mig C420w присадочная проволока Св- Св-06Х19Н9Т, аргон, круг абразивный.

4.3. Мероприятия по уменьшению негативного действия профессиональных рисков

Профессия сварщика по-прежнему является одной из наиболее профессионально опасных, а процессы сварки, наплавки и резки металлов традиционно находятся в поле зрения спецалпстов-экологов и охраны труда. Комбинированное воздействие на рабочих сварочных профессий вредных производственных факторов таких, как химические (сварочные аэрозоли, газы), физические (излучение дуги, электромагнитные поля, физические и тепловые нагрузки и др), природные, способствуют развитию профессиональной заболеваемости и сокращению их трудового долголетия.

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

Кроме того, следует помнить, что реализация комплекса организационно-технических мероприятий, связанных с обучением, подготовкой и аттестацией сварщиков и специалистов сварочного производства в специализированных центрах, проведение производственной и исследовательской аттестации технологии сварки, а также обмен опытом и проведение конференций также будут способствовать эффективному решению вопросов обеспечения промышленной и экологической безопасности участков сварочного производства

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

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Острые кромки		Перчатки, спецодежда.
движущиеся детали оборудования и заготовки	Плакаты и надписи, барьеры и ограждения.	
повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке	вентиляция	Средства защиты дыхательных путей
повышенная температура оборудования и воздуха участка	вентиляция	Спецодежда, перчатки
повышенное напряжение, от которого запитано оборудование;	Заземление, контроль изоляции.	
световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика, спецодежда.

4.4. Мероприятия по пожарной безопасности участка сварки.

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

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Подготовки, сборки и сварки труб	Полуавтомат Origo Mig C420w	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; выделение вредных продуктов при горении; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Повреждение из-за высокой температуры электрической изоляции на проводах может привести к поражению электрическим током; действие на человека веществ, применяемых для пожаротушения

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

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

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

4.5. Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

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

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

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтры в системе вентиляции участка задержат мелкодисперсные частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Важным является соблюдение культуры производства, исключение утечек проявителя и закрепителя, которые попадая в канализацию попадают во внешние водоемы.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Размещение на территории участка восстановления емкостей для селективного сбора металлолома, бытовых отходов и производственных отходов. На емкостях или рядом стоящих плакатах необходимо нанести предписывающие сообщения. С рабочими необходимо провести разъяснение по необходимости селективного складирования отходов. Желательно периодически, во время ежеквартального инструктажа по технике безопасности, разъяснять производственному персоналу правила сбора твердых отходов

4.6 Заключение по разделу

Планируемый к внедрению технологический процесс механизированной сварки технологического трубопровода проволокой сплошного сечения сопровождается факторами, оказывающими вредное воздействие на рабочих производственного участка.

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

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

Также технология механизированной сварки технологического трубопровода проволокой сплошного сечения оказывает негативное влияние на окружающую среду. Для минимизации такого влияния предложен комплекс организационных мероприятий.

5 Экономическая эффективность проекта

По базовому варианту технологического процесса сварки трубопровода применяется дуговая сварка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку.

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

Таблица 5.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Высокая трудоемкость при подетальном монтаже трубопровода, когда каждая труба, отвод, катушка монтируются на месте.	Предложен поузловой вариант, когда несколько деталей в условиях цеха укрупняются.
Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	При механизированной сварке полуавтомат подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Скорость сварки низкая, так как сила тока при сварке штучными электродами не может быть большой.	Сила тока при механизированной сварке больше, значит можно увеличить скорость без опасений получить такой дефект, как непровар.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

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

Таблица 5.2 – Исходные данные для проведения экономического расчета

Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
			Базовый	Проект.
2	3	4	5	6
Годовая программа	$N_{пр}$	шт	500	500
Финансовые затраты на 1 кг присадочного материала	$Ц_{эл.}$	Руб/кг	680	590
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
Значение тарифной ставки	$C_{ч}$	Руб/час	95,29	84,87
Коэффициент, учитывающий начисления к основной заработной плате	$k_{зпл}$	-	1,81	1,81
Отчисления на дополнительную заработную плату	$k_{д}$	%	10	10
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$N_{соц}$	%	30	30
Финансовые затраты на покупку оборудования	$Ц_{об}$	Руб	40000	70000
Норма амортизационных отчислений на оборудование	$На$	%	18	18
Коэф. Полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,78
Стоимость электроэнергии	$Ц_{э-э}$	Руб/кВт	3,02	3,02
Удельный расход защитного газа	$Узг$	М ³ /час	-	50
Стоимость защитного газа	$Цзг$	Руб/м ³	-	50
Стоимость аренды площади	$C_{эспл}$	Руб/м ²	1800	1800
Стоимость приобретения производственных площадей	$Цпл$	Руб/м ²	4500	4500
Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	8	11
Значения коэффициентов, финансовых расходов на монтаж и демонтаж оборудования	$k_{монт}$ $k_{дем}$	%	2	2
Коэффициент цеховых расходов	$k_{цех}$		1,72	1,72
Коэффициент заводских расходов	$k_{зав}$		1,97	1,97
Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. вложений	$Ен$	-	0,33	0,33

5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Для расчета штучного времени на сварку одного стыка трубопровода применим зависимость:

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

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

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

$t_в$ – время, расходуемое на подготовку сварочного оборудования к работе

$t_в = 10\%$ от t_0 .

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

$t_{обсл}$ – время, расходуемое рабочими на обслуживание рабочего места

$t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

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

Машинное время определим по следующей формуле:

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

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

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

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

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

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

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

где ρ – плотность, 7,8 г/см³;

F_H – площадь валика, мм².

$$F_H = (8 \div 12) \cdot d_{эл.}$$

На толщину 3,5 мм.

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

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

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

Подставив в (5.2) необходимые значения, получим:

$$t_{об} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{120 \cdot 9} = 0,049 \text{ час} = 2,94 \text{ мин.}$$

$$t_{пр} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 0,238}{210 \cdot 9} = 0,027 \text{ час} = 1,62 \text{ мин.}$$

Подставив в (5.1) необходимые значения, получим:

$$t_{штб} = 2,94 + 0,294 + 0,147 + 0,235 + 0,029 = 3,64 \text{ мин} = 0,060 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 1,62 + 0,162 + 0,081 + 0,129 + 0,0162 = 2,00 \text{ мин.} = 0,033 \text{ час.}$$

5.3 Расчет затрат на новое оборудование

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

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

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

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

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

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

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

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

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

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

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

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

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

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

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

Фонд времени определим по формуле:

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

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;

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

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

Для базового варианта технологии

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{500 * 4,21}{1812 * 60} = 0,027 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,027}{1} = 0,027$$

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

Для проектного варианта технологии

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{500 \cdot 2,00}{1812 \cdot 60} = 0,012 \text{ шт}$$

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

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

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot \text{Ц}_{\text{ПЛОЩ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (5.13)$$

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

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

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

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

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 1080/700 = 1,54 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 28240/700 = 40,34 \text{ руб.}$$

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

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}}$$

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

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

$$ЗМ_{\text{ЭЛ.}} = N_{\text{ЭЛ.}} \cdot \text{Ц}_{\text{ЭЛ.}} \quad (5.16)$$

где $\text{Ц}_{\text{ЭЛ.}}$ – стоимость штучных электродов, руб/кг;

$N_{\text{ЭЛ.}}$ - расход штучных электродов согласно нормативам, кг.

$$N_{\text{ЭЛ.}} = Y \cdot L_{\text{ш.}} \quad (5.17)$$

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

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

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

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

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

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

где ρ – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 129 \text{ мм}^2$.

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 1,240 = 2,10 \text{ кг/м.}$$

$$НР_{эл} = 2,10 \cdot 0,687 = 1,448 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{элб} = 680 \cdot 1,448 = 984,93 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{б} = 984,93 \text{ руб.}$$

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

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

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

$$ЗМ_{свпр} = Ц_{пр} \cdot Н_{пр} \quad (5.21)$$

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

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

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

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

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

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

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

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

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

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

где ρ – плотность стали – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см³;

$F_{ш.}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{ш.} = 159$ мм².

$$M_{напл.мет} = 7,8 \cdot 159 / 1000 = 1,240 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,05 \cdot 1,240 = 1,302 \text{ кг/м.}$$

$$НР_{пр} = 1,302 \cdot 0,687 = 0,894 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{свпр} = 590 \cdot 0,894 = 527,73 \text{ руб.}$$

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

$$З_{з.г.} = Ц_{з.г.} \cdot Н_{з.г.} \quad (5.25)$$

где $Ц_{з.г.}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$Н_{з.г.}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норма расхода вычисляется по зависимости:

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

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

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

где $q_{зг} = 10$ л/мин;

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

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

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

$$Y_{доп} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (5.28)$$

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

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

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

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

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

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ЗМ_{пр} = 527,73 + 0,55 = 528,28 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электрическую энергию

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.29)$$

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

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

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

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

Для базового варианта технологии

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

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,056}{0,7} 3,02 = 0,86 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

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

$$z_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{6,3 \cdot 0,027}{0,75} \cdot 3,02 = 0,68 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Отчисления на амортизацию рассчитаем по зависимости:

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

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

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

$$A_{\text{об}}^{\text{б}} = \frac{40000 \cdot 4,21 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,27 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{об}}^{\text{пр}} = \frac{70000 \cdot 2,00 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,23 \text{ руб.}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

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

где $H_{\text{т.р}}$ – норма 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

$$З_{\text{ОБ}}^{\text{Б}} = 0,27 + 0,20 = 0,47 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ОБ}}^{\text{ПР}} = 0,23 + 0,16 = 0,39 \text{ руб.}$$

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

$$З_{\text{ПЛОЩ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛОЩ}} \cdot S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot На_{\text{ПЛОЩ}} \cdot t_{\text{ШТ}}}{\Phi_{\text{ЭФ}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (5.33)$$

где: $Ц_{\text{ПЛОЩ}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$На_{\text{ПЛОЩ}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{ПЛОЩ}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$З_{\text{ПЛОЩ}}^{\text{Б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 4,21}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,015 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛОЩ}}^{\text{ПР}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 2,00}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,015 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Фонд заработной платы определим как сумму:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}} + \text{ЗПЛ}_{\text{ДОП}} \quad (5.34)$$

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

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}} = t_{\text{ШТ}} \cdot C_{\text{Ч}} \cdot k_{\text{ЗПЛ}} \quad (5.35)$$

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

$t_{\text{ШТ}}$ – штучное время, час;

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

$$k_{\text{ЗПЛ}} = k_{\text{ПР}} \cdot k_{\text{ВН}} \cdot k_{\text{У}} \cdot k_{\text{НФ}} \cdot k_{\text{Н}} \quad (5.36)$$

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

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

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

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

$k_{\text{н}} = 1,133 - 1,076$ коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{Б}} = 0,034 \cdot 95,2 \cdot 9 \cdot 1,79 = 5,79 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{ПР}} = 0,016 \cdot 84,8 \cdot 7 \cdot 1,79 = 2,43 \text{ руб.}$$

Дополнительная определяется по следующей зависимости:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.37)$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент - 10%.

Для базового варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{Б}} = 5,79 \cdot 10/100 = 0,57 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{ПР}} = 2,43 \cdot 10/100 = 0,24 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{Б}} = 5,79 + 0,57 = 6,36 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{ПР}} = 2,43 + 0,24 = 2,67 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (5.38)$$

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

Для базового варианта технологии

$$O_{\text{сн}}^{\text{Б}} = 6,36 \cdot 30/100 = 1,90 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$O_{\text{сн}}^{\text{ПР}} = 2,67 \cdot 30/100 = 0,80 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для определения размера технологической себестоимости

просуммируем все расходы, найденные выше:

$$C_{\text{ТЕХ}} = \text{ЗМ} + \text{З}_{\text{э-э}} + \text{З}_{\text{об}} + \text{З}_{\text{пл}} + \text{ФЗП} + O_{\text{сн}} \quad (5.39)$$

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 984,83 + 0,86 + 0,47 + 0,015 + 6,36 + 1,90 = 994,44 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 528,28 + 0,68 + 0,39 + 0,015 + 2,67 + 0,80 = 532,84 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость

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

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

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

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

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

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 994,44 + 5,79 \cdot 1,72 = 994,44 + 9,95 = 1004,01 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 532,84 + 2,43 \cdot 1,72 = 532,84 + 4,17 = 534,92 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость

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

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

$k_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов, 1,8

Для базового варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 1004,01 + 5,79 \cdot 1,97 = 1004,01 + 11,40 = 1015,41 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта технологии

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 534,92 + 2,43 \cdot 1,97 = 534,92 + 4,78 = 539,70 \text{ руб.}$$

Калькуляция себестоимости

Таблица 5.3 – Перечень и значения статей затрат на сварку одного стыка трубопровода

Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
		базов	Проект
2	3	4	5
Материалы	ЗМ	984,83	528,28
Фонд заработной платы	ФЗП	6,36	2,67
Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	1,90	0,80
Затраты на оборудование	З _{ОБ}	0,47	0,39
Затраты на площади	З _{ПЛ}	0,015	0,015
Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	0,63	0,49
Себестоимость технологическая	С _{ТЕХ}	994,44	532,84
Цеховые расходы		11,50	3,82
Себестоимость цеховая	С _{ЦЕХ}	1004,01	534,92
Заводские расходы		11,40	4,78
Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	1015,41	539,70

5.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

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

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

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = (1015,41 - 539,70) \cdot 500 = 237855 \text{ руб.}$$

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

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = \left[(1015,41 + 0,33 \cdot 1,54) - (539,70 + 0,33 \cdot 40,34) \right] \cdot 500 = 231255 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,034 - 0,016}{0,034} \cdot 100\% = 43\%$$

Размер увеличения производительности труда

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

$$\Delta\Pi_T = \frac{100 \cdot 43}{100 - 43} = 75\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

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

$$T_{ок} = \frac{28240}{237855} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{сп} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2. \quad (5.48)$$

5.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 43% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 75%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 28240 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 231255 руб.

С учетом полученных результатов расчетов можно сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия предприятия ПАО КуйбышевАзот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса сварки показал, что присущие ему недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса сварки.

Часть стыков предложено выполнять в стационарных условиях механизированным способом и с применением разработанного приспособления. Разработан технологический процесс механизированной сварки с применением проволоки сплошного сечения.

Применение механизированной сварки проволокой сплошного сечения по предложенной технологии позволяет повысить производительность труда на 75%. При этом, планируемый размер годового экономического эффекта составит 323351 руб.

Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. 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.
3. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
4. Пейсахов, А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
5. Гитлевич, А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
6. Пупков, К.А. Комплексирование робастного, нейронечеткого и адаптивного управления в интеллектуальных системах высокой точности и надежности // Интеллектуальные системы: Тр. IX Межд. симп. / Под. ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2010. С. 9—17.
7. Гладков, Э.А. Интеллектуальная система мониторинга технологического процесса сварки кольцевых труб большого диаметра / Э.А. Гладков, А.И. Гаврилов, Р.А. Перковский, А.А. Коновод // Интеллектуальные системы: Тр. IX Межд. симп. / Под. ред. К.А. Пупкова. М.: РУСАКИ, 2010. С. 641—645.
8. Гладков, Э.А. Автоматизированный комплекс для многослойной сварки кольцевых стыков труб магистральных трубопроводов со средствами адаптации и прогнозирования качества сварки / Э.А. Гладков, Р.А. Перковский, А.И. Гаврилов и др. // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 4. С. 77—92.

9. 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.
10. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
11. Цепенев, Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
12. Корольков, П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
13. Акшенцева, А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
14. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
15. Колганов, Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
16. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
17. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
18. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
19. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
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. Красовский, А.М. Основы проектирования сварочных цехов / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
22. Волченко, В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
23. Ключев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
24. 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.
25. 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.
26. Шебеко, Л. П. Экономика, организация и планирование сварочного производства : учебник для техникумов / Л. П. Шебеко, А. Д. Гитлевич. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1986. - 261, [2] с. :
27. Грачева, Э. К. А. Экономика, организация и планирование сварочного производства : [учеб. пособие для вузов] / К. А. Грачева. - Москва : Машиностроение, 1984. - 368 с. : ил. - Библиогр.: с. 364. -
28. Брейтман, М. М. Экономика, организация и планирование сварочного производства : [учеб. пособие для машиностроит. техникумов] / М. М. Брейтман, Л. П. Шебеко. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1970. - 256 с. :
29. Зорин, Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением : учеб. пособие / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 164 с.
30. Золотоносков, Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки: учеб. пособие / Я. Д. Золотоносков, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.