

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс ремонта дефектов сварных соединений

Студент

М.С. Мастюков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение производительности и экономия присадки при ремонте дефектных сварных швов трубопроводов тепловых станций.

Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

- проведены исследования свойств сварных соединений и выбрана порошковая проволока;
- разработан технологический процесс ремонта дефектов трубопроводов сваркой порошковой проволокой;
- подобрано оборудование для реализации разработанного процесса;
- предусмотрены мероприятия по охране здоровья и жизни персонала предприятия и окружающей среды;
- обоснованы экономически предложенные технологические решения.

Пояснительная записка содержит 50 стр., 9 рисунков, 12 таблиц.

В бакалаврской работе предложено заменить базовую технологию сварки штучными электродами сваркой самозащитной порошковой проволокой. Проведенные исследования позволили рекомендовать для сварки проволоку ПП-Нп-15ХМФ и ПП-Нп-20ХМФ и подобрать режимы сварки данными проволоками. Разработан типовой технологический процесс. Для реализации технологического процесса выбрано оборудование.

Для защиты от опасных и вредных производственных факторов произведен расчет вентиляции, заземления оборудования, освещения.

Ожидаемый экономический эффект составит 59030 руб.

Abstract

The purpose of this work is to increase productivity and save additives when repairing defective welds in pipelines of thermal power plants.

To achieve this goal, the following tasks were solved:

- the properties of welded joints were studied and a powder wire was selected;
- developed a technological process for repairing pipeline defects by welding with powder wire;
- selected equipment for the implementation of the developed process;
- measures are provided to protect the health and life of the company's personnel and the environment;
- economically proposed technological solutions are justified.

The explanatory note contains 50 pages, 9 figures, 12 tables.

In the bachelor's work, it is proposed to replace the basic welding technology with piece electrodes by welding with self-protective powder wire. The conducted research allowed us to recommend ПП-Нп-15ХМФ and ПП-Нп-20ХМФ wire for welding and select welding modes with these wires. A typical technological process has been developed. Equipment has been selected for the implementation of the technological process.

To protect against dangerous and harmful production factors, ventilation, equipment grounding, and lighting were calculated.

The expected economic effect will be 59030 rubles.

Содержание

Введение.....	6
1.1 Описание изделия и условий эксплуатации	8
1.2 Базовая технология ремонта сварных соединений	10
1.3 Методы автоматизации и механизации	13
1.4 Задачи работы	15
2 Разработка технологического процесса путем механизированной наплавки	16
2.1. Выбор порошковой проволоки	16
2.2. Разработка технологического процесса ремонта дефектов при наплавке порошковой проволокой.....	18
3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта.....	21
3.1 Характеристика разработанного технического объекта	21
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.	22
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	23
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	24
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	26
3.6 Заключение по разделу	27
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений.	29
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов	29
4.2 Расчет штучного времени.....	32
4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам.....	34
5.4 Расчет технологической себестоимости	37
5.5 Расчет экономической эффективности проекта.....	43
5.6 Выводы по экономическому разделу	45
Заключение	47

Список используемых источников.....	49
-------------------------------------	----

Введение

В настоящее время в России в общем балансе электроэнергии, значительна роль тепловых электростанций, работающих на органическом топливе. Тепловые электроцентралы обеспечивают электрической энергией промышленность и жилую и социальную часть города.

Крупная тепловая электростанция включает в себя комплекс вспомогательных цехов и участков. Главная доля в стоимости выработанной на тепловой электрической станции энергии - затраты на топливо и затраты на амортизацию оборудования станции. Однако расходы во вспомогательных цехах и участках также следует включать в стоимость энергии. Кроме того, успешная их успешная и четкая работа исключает аварии и прочие остановки на станции. Поэтому внедрение здесь новых технологических решений актуально.

Сварка в таких подразделениях распространена достаточно широко. Применяют ее при ремонте дефектных участков трубопроводов. На любой тепловой электростанции трубопроводы для пара и горячей воды эксплуатируются при высоких температурах и давлениях. Аварии на таких трубопроводах могут привести к чрезвычайным ситуациям.

Наиболее часто дефекты появляются в местах сварных швов труб. И это является закономерным. Тепловое воздействие при сварке плавлением ведет к перекристаллизации металла околошовной зоны. Металл шва – переплавленный основной металл и присадочный. Для устранения дефектов сварных швов трубопроводов тепловых станций выполняют, как правило, выборку дефекта, ручную дуговую сварку, термообработку.

Технология ручной дуговой сварки для ремонта дефектных трубопроводов широко применяется не только на тепловых станциях. Однако ей присущи отрицательные стороны. В первую очередь это низкая производительность и, значительный расход присадки. А поскольку такие

трубопроводы выполняют из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ, расходы на присадку значительны.

Цель работы – повышение производительности и экономия присадки при ремонте дефектных сварных швов трубопроводов тепловых станций.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий эксплуатации

Трубопроводы на тепловых электростанциях выполнены, в основном, из сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ. Дело в том, что трубопроводы эксплуатируются, в основном, в условиях повышенных температур и давлений. Данные трубопроводы сварные и их повреждения происходят по сварным швам и в зоне термического влияния. Повреждения происходят по механизму ползучести.

Технология ремонта сварных соединений паропроводов из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ, эксплуатирующихся в условиях ползучести, имеет ряд особенностей. Для этих сталей характерны кольцевые и продольные трещины в зоне термического влияния, и продольные и поперечные трещины в наплавленном металле, рисунок 1.1.

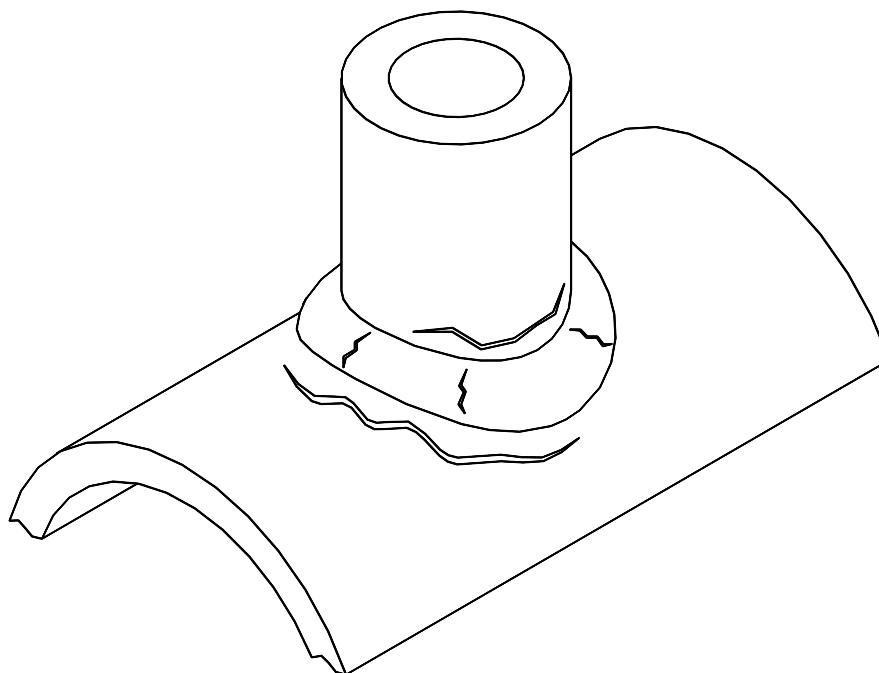


Рисунок 1.1- Места расположения трещин

В руководящем документе РД 34 17.310-96, утвержденном РАО "ЕЭС России" отражены основные положения по ремонту сварных соединений труб тепловых электростанций. Последовательность ремонта выглядит следующим образом:

- анализ условий эксплуатации поврежденного шва, и технологии его сварки;
- выборка повреждения, преимущественно механическая, однако возможно предварительное удалить металл огневым способом, после чего поверхность выборки обрабатывается механическим способом на требуемую глубину;
- затем выборка контролируется, в том числе металлографическим способом - с помощью реплик;
- после положительных результатов контроля выполняется анализ возможных технологий ремонта;
- выборки заправляются валиками электродами типа Э-09Х1МФ при минимально возможном тепловложении и подогреве места ремонта до 250-350 °С;
- усиливающая наплавка, если простая наплавка валиков в разделке не обеспечивает нужную прочность, (например, для тройниковых сварных соединений, стыковых сварных соединений разнотолщинных элементов трубы, штуцерных сварных соединений);
- проведение послесварочной термической обработки по режиму высокого отпуска при температуре 720-750 °С с выдержкой 1-5 ч;
- механическая обработка и контроль качества неразрушающими методами;
- оценка эксплуатационного ресурса наплавленных участков.

1.2 Базовая технология ремонта сварных соединений

Технологические операции применяемого в настоящее время технологического процесса ремонта сварных соединений труб и их очередность сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 – Применяемый в настоящее время технологический процесс

Операция	Наименование перехода и режим обработки
1. Подготовка	1.1.Контроль вспомогательных материалов. 1.2.Очистка дефектного места 1.3.Выявление границ дефекта. 1.4.Механическая обработка дефекта. 1.5.Операционный контроль, разработка технологической карты
2. Предварительный подогрев	2.1.Обезжиривание выборки. 2.2.Подогрев: для сталей 12Х1МФ и 20ХМФЛ - 200...250 °С; для сталей 15Х1МФ и 15Х1М1ФЛ - 250...300 °С.
3. Наплавка дефекта	3.1.Наложить валики согласно требований технологической карты. Длина дуги не более $d_{ЭЛ}$. 3.2.После наложения валика – очистка от шлака..
4. Термическая обработка	4.1.Греть сразу после наплавки дефекта до температуры 720...750°С. Выдержка: при толщине трубы <20 мм - 1 час, при толщине трубы от 20 до 50 мм - 3 часа, при толщине трубы >50 мм - 5 часов.
5. механическая обработка	5.1.Шлифовать поверхность наплавки. 5.2.Контролировать поверхность травлением 15% раствором азотной кислоты.
6. Контроль	6.1.Визуальный и измерительный контроль. 6.2.Ультразвуковой или радиографический контроль 6.3.Капиллярный контроль. 6.4.Стилоскопирование металла наплавки и замер твердости металла шва. Нормы допустимых дефектов изложены в РД 34 17.310-96.

Возможность проведения ремонтов для разных видов дефектов и

варианты устранения отражены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Варианты способов устранения дефектов

Повреждения	Допустимые размеры выборки		Вариант технологии
	глубина по отношению к S и h шва, %	протяженность по отношению к длине углового шва, %	
1	2	3	4
1. Кольцевые продольные трещины со стороны корпуса тройника	<20	<15	Местная подварка
	<20	>15	Кольцевая подварка
	<30	<100	Кольцевая подварка
	<50	<100	Кольцевая подварка
	>20	<100	Ремонту не подлежит
2. Кольцевые трещины в ЗТВ со стороны штуцера	<30	<20	Местная подварка
	<30	<100	Кольцевая подварка
3. Поперечные трещины в угловом шве	<15	<20	Местная подварка
	<15	<100	Кольцевая подварка
	<100	<100	Ремонту не подлежит

После определения варианта устранения дефекта и принципиальной возможности устранения начинаются изложенные в таблице 1.1 операции. При проверке сварочно-технологических свойств электродов выполняют стилоскопирование согласно РД 34 10.122—94 «Унифицированная методика стилоскопирования деталей и сварных швов энергетических установок». Результаты выполненного стилоскопирования следует отразить в специальном журнале с оформлением по форме акта и протокола стилоскопирования.

Стилоскопический контроль может быть заменен количественным химическим или спектральным анализом.

Выполняют проверку свойств электродов на соответствие требованиям ГОСТ 9466—75. Если свойства не соответствуют электроды

повторно прокаливают и если снова не соответствует – партию бракуют.

При неудовлетворительных сварочно-технологических свойствах электродов они должны быть повторно прокалены. Если после этого при проверке сварочно-технологических свойств получены неудовлетворительные результаты, данная партия бракуется.

Следующая после контроля качества электродов подготовительная операция - выборка металла. Выборку производят механическим методом.

Важно после выборки выявить границы дефекта, для чего используют капиллярный метод. Поверхность выборки подвергается травлению 10% раствором азотной кислоты в спирте и визуальному контролю. При обнаружении трещин их концы засверливают, после чего дефектный металл удаляют полностью.

Непосредственно перед наложением валиков сваркой обезжиривают поверхность выборки и переходят к операции предварительного подогрева.

После предварительного подогрева наплавляют поверхность выборки. При температуре эксплуатации трубы до 510° С применяют электроды ТМЛ-1У, ЦЛ-38 тип Э-09Х1М. При температуре эксплуатации свыше 510° С, электроды ТМЛ-3У, ЦЛ-20, ЦЛ-45, ЦЛ-39 тип Э-09Х1МФ.

Режим в процессе наложения валиков ток постоянный, полярность обратная. Толщина накладываемого валика должна составлять 5-8 мм, при ширине валика 12-20 мм. Перекрытие последующим валиком предыдущего - 1/3 ширины. При этом, сила тока для первого слоя 90-120 А. Для последующих - 140-180 А.

Каждый слой, перед наложением следующего нуждается в очистке от шлака и последующем визуальном контроле на предмет наличия поверхностных дефектов.

Термообработка после наплавки выборки выполняется немедленно. . Температура термообработки 720-750 С°, и время 1 час. Для термообработки применять газопламенный нагрев.

По окончании операции термообработки выполняется шлифование

поверхности наплавки.

Контроль качества наплавленного дефекта включает в себя комплекс контрольных операций в составе визуального и измерительного контроля, физических методов контроля, капиллярного контроля, стилоскопирования и замера твердости металла шва. Нормы допустимых дефектов изложены в РД 34 17.310-96.

Выполненный анализ применяемой технологии ремонта показывает, что ему присущи такие недостатки как значительный расход присадки. А поскольку такие трубопроводы выполняются из теплоустойчивых хромомолибденованадиевых сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ, и, соответственно, наплавку ведут дорогостоящими электродами ТМЛ-1У, ЦЛ-38, ТМЛ-3У, ЦЛ-20, ЦЛ-45, ЦЛ-39. расходы на присадку значительны.

Другой недостаток – низкая производительность. Дело в том, что при ручной дуговой наплавке сварщик контролирует подачу электрода, чтобы длина дуги соответствовала требованиям. Дополнительно сварщик контролирует положение дуги (сварочной ванны) относительно соседнего валика и задает нужную скорость сварки. Необходимость контроля такого количества параметров технологического процесса приводит к тому, что производительность процесса ремонтной наплавки невелика.

Обобщая сформулируем претензию к применяемому способу наплавки дефектных мест следующим образом – низкая степень механизации и автоматизации.

1.3 Методы автоматизации и механизации

Механизация и автоматизация на промышленных предприятиях, применяющих в цикле изготовления продукции сварку, проводится в основном для увеличения производительности труда сварщика. Кроме того, сопутствующим эффектом от автоматизации и механизации является

улучшение качества продукции и улучшение условий труда.

Под механизацией производственного процесса понимается замена в нем ручного труда работой машин. При механизированном исполнении операций производственного процесса непосредственная обработка, сборка или сварка выполняются машиной, а человек выполняет ручные вспомогательные приемы и управляет машиной. При автоматизации машины реализуют и функции управления. На плечи человека возложены лишь функции наладки, наблюдения за работой.

Механизация и автоматизация может быть частичной, механизированы и автоматизированы отдельные операции и комплексной, когда механизированы и автоматизированы несколько последовательных операций.

Вид механизации и оборудования определяются характером производства и конструкцией свариваемых изделий. В массовом и крупносерийном производстве применяют комплексную механизацию. В единичном и мелкосерийном производстве применяют универсальные механизированные машины.

Поэтому для достижения цели целесообразно сначала применить механизированную подачу присадочного материала в зону сварки. Дело в том, что геометрические параметры дефектов ремонтируемых сварных швов строго индивидуальны. Поэтому сварщик на данных операциях необходим. Замена его автоматом, вероятно, возможна, но это будет стоить очень дорого. Возможны следующие варианты механизации технологического процесса дуговой сварки: механизированная сварка в среде защитных, активных газов проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой. Целесообразно остановить свой выбор на сварке порошковой проволокой. В первую очередь следует учитывать, что необходима мобильная технология и оборудование.

Что касается применения механизированной сварки в среде активных и защитных газов, то необходимость перемещения иногда в стесненных условиях баллонов с газом, и высокая стоимость некоторых газовых смесей, не позволяют нам уверенно рекомендовать данный техпроцесс.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности и экономия материальных ресурсов при ремонте дефектных трубопроводов тепловых электростанций. Результаты анализ применяемой технологии, показал, что ручная дуговая сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Однако комплексная автоматизация и механизация для ремонтных технологий, характеризующихся различными геометрическими параметрами исправляемых дефектов, их разнообразным пространственным положением, неприемлема. Выбор остановлен на применении механизированной подачи сварочной порошковой проволоки. Данный вариант лучше подходит для сварки в нестационарных условиях, обеспечивает лучшую защиту шва от быстрого охлаждения.

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

- 1) Выбрать порошковую самозащитную проволоку.
- 2) Разработать технологический процесс ремонта повреждений стыков паропроводов дуговой сваркой порошковой проволокой.
- 3) Подобрать оборудование для реализации разработанного процесса.
- 4) Предусмотреть мероприятия по охране здоровья и жизни персонала предприятия и окружающей среды.
- 5) Обосновать экономически предложенные технологические решения.

2 Разработка технологического процесса путем механизированной наплавки

2.1. Выбор порошковой проволоки

Поскольку в разделе 1 выбор по замене способа сварки штучными электродами был сделан в пользу механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой, рассматривали свойства самозащитной сварочной проволоки ПП-Нп-20ХМФ, ПП-АН21, ПП-АНВ2У, ПП-Нп-15ХМФ. Перечисленные проволоки рекомендуются для сварки сталей 12Х1МФ, 20ХМФЛ, 15Х1МФ, 15Х1М1ФЛ и иных теплоустойчивых.

Результаты измерения предела прочности и текучести металла сварных соединений выполненных перечисленными проволоками, собранные в различных литературных источниках обобщены и приведены на рис. 2.1 и 2.2. Приведены значения по максимальным (max) рекомендуемым режимам сварки, средним значениям режимов (mid) и минимальным рекомендуемым значениям режимов (min).

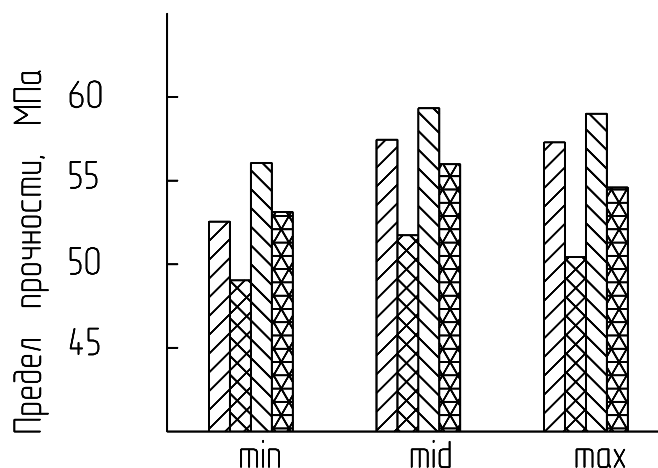


Рисунок 2.1 - Предел прочности сварных соединений,

условные обозначения:

- ▨ - ПП-Нп-20ХМФ; ▩ - ПП-АН21;
▧ - ПП-АНВ2У; ▦ - ПП-Нп-15ХМФ.

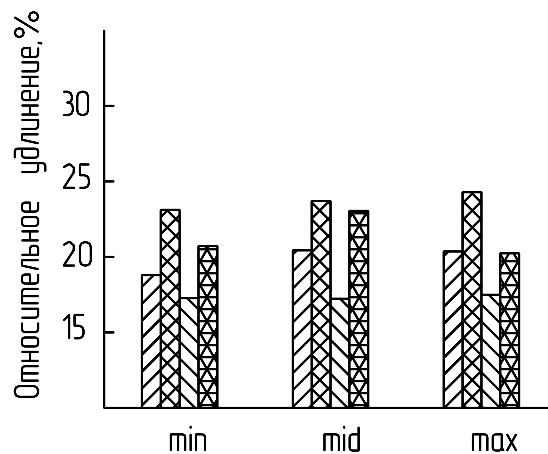






Рисунок 2.2 - Относительное удлинение металла сварных соединений

условные обозначения:

 - ПП-Нп-20ХМФ;  - ПП-АН21;
 - ПП-АНВ2У;  - ПП-Нп-15ХМФ.

По результатам анализа представленных в литературных источниках данных по прочности металла сварных соединений, относительного удлинения, ударной вязкости напрашивается вывод о том, что сварные соединения выполненные сварочной проволокой ПП-АН21 не удовлетворяют требованиям по прочности наплавленного металла сварного шва. Прочность металла этих соединений меньше прочности основного металла. Вместе с тем, металл шва получается пластичным и с хорошей ударной вязкостью.

Найденные значения твердости наплавленного металла выше нормы при сварке проволокой ПП-АНВ2У. При сварке проволокой ПП-АН21 твердость наплавленного металла меньше, чем основного. При сварке проволокой ПП-Нп-15ХМФ и при сварке проволокой и ПП-Нп-20ХМФ твердость наплавленного металла примерно соответствует твердости основного металла.

Таким образом, показано, что лучшие механические характеристики обеспечивает проволока ПП-Нп-15ХМФ и ПП-Нп-20ХМФ. Сварка данной

проволокой по максимальным режимам, приведенным в рекомендациях и по минимальным обеспечивает требуемые характеристики качества сварного соединения. Однако механические характеристики при этом приближаются к минимальным допустимым значениям.

Таким образом, рекомендуем сварку проволокой ПП-Нп-15ХМФ и ПП-Нп-20ХМФ по средним значениям режимов, рекомендованным производителями.

2.2. Разработка технологического процесса ремонта дефектов при наплавке порошковой проволокой

При наплавке дефектных сварных швов порошковой проволокой начальные операции технологического процесса – анализ повреждения, выборку металла, обезжиривание, подогрев остаются без изменений.

Наложение валиков (слоев) выполняется самозащитной проволокой диаметром 1,8 мм, 2,0 мм. Процесс сварки во всех случаях ведется на постоянном токе прямой полярности.

Вылет проволоки при начале заполнения разделки должен находиться в пределах 12-15 мм. После зажигания дуги вылет необходимо увеличить до 20 мм. Если наплавка выборки производится в потолочном положении вылет следует увеличить до 25-30 мм, иначе возможна пористость сварного шва.

При заполнении кольцевой разделки угол наклона горелки в процессе сварки постоянно меняется, рисунок 2.3.

- в положении 12 час. угол 20-30°;
- при движении от 12 час. до 3 час. угол постепенно увеличивается до 45-50°;
- от 3 час. до 5 час. угол постепенно уменьшается и доводится до 0° - перпендикулярно трубе;
- от 5 часов до 6 часов наклон горелки меняется на противоположный и постепенно угол доводится до 10-15° (углом вперед).

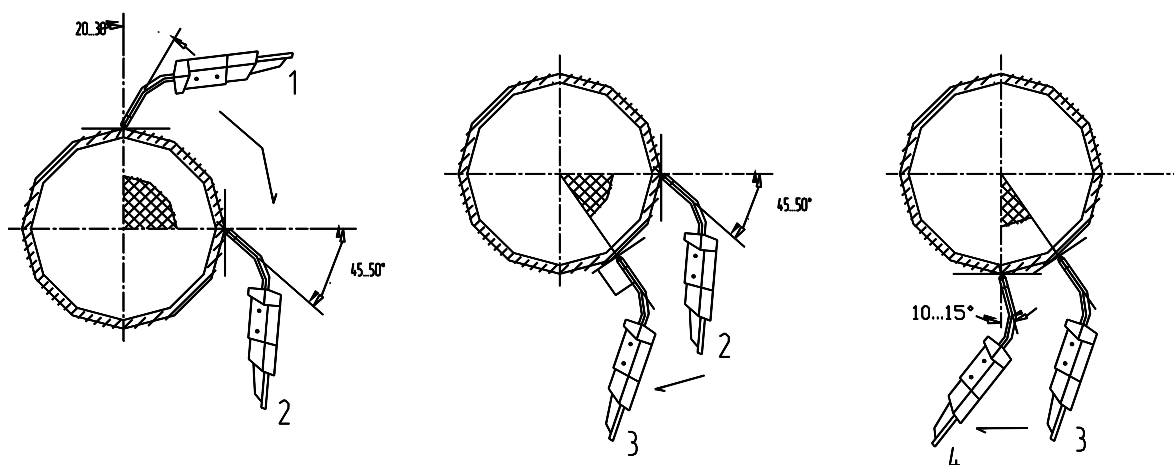


Рисунок 2.3 - Изменение угла наклона горелки

Меняя угол наклона можно регулировать степень проплавления. При уменьшении угла степень проплавления увеличивается, при увеличении угла уменьшается.

Режимы сварки порошковой проволокой приведены в таблице 2.1.

При работе в потолочном положении возникает необходимость в некотором понижении скорости подачи проволоки. Скорость подачи проволоки понижается на 15-20%.

После заполнения выборки сразу произвести термообработку газопламенным нагревом. Режимы термообработки остаются такими же как и в базовой технологии.

Аналогично базовой технологии выполняется операция механической обработки. Поверхность наплавки шлифуется.

Контроль качества не меняется, в сравнении с применяемой технологией: визуальный и обмер геометрических параметров шва, физические методы (ультразвуковой или радиографический), капиллярный контроль, стилоскопирование металла наплавки и замер твердости металла шва. Нормы допустимых дефектов должны соответствовать РД 34 17.310-96.

Таблица 2.1 - Режимы при сварке порошковой проволокой

Наименование слоя	Марка проволоки					
	ПП-Нп-15ХМФ, ПП-Нп-20ХМФ Диаметром 1,8 мм			ПП-Нп-20ХМФ диаметром 2,0 мм		
	Скорость подачи проволоки, см/мин	Напряж ение дуги, В	Свар очны й ток, А	Скорость подачи проволоки, см/мин	Напряжен ие дуги, В	Свароч ный ток, А
Заполняющий	22	18	230	22	19	235
	25	19	240	25	20*	245
	27	20	250	27	21*	265
	29	21	260	29	22*	290
				31	23	310
Облицовочный	22	17*	225	22	18*	225
	24	18*	235	24	19*	235
	26	19	245	26	20	245

3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта

3.1 Характеристика разработанного технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологический процесс ремонта дефектов сварных соединений». В процессе производства карбамида в Тольятти используется оборудование, выполненное из специальных сталей. Некоторые трубопроводы выполнены из импортной стали 310 MOLN (ASTM A312). Для сварки таких сталей применяют сварочную проволоку и электроды Thermanit. Это все дорогостоящие присадочные материалы.

В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при сварке дефектных стыков трубопровода и экономии дорогостоящих материалов.

Таблица 4.1 - 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 дефектных соединений	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
		Подготовка	Слесарь-сборщик,	Машинка угловая шлфовальная	Круг абразивный
		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Сварочный аппарат, ПСО-500, механизм подачи ПДШМ-500	Порошковая проволока
		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.

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

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Трубы.
2	Подготовка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Круг абразивный.
3	Ремонтная сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Сварочный аппарат, ПСО-500, механизм подачи ПДШМ-500, круг абразивный.
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и	Трубопровод

		заготовки.	
--	--	------------	--

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
6	световая, ультрафиолетовая и	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

	инфракрасная радиация.		
--	------------------------	--	--

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, FUBAG IRMIG 200.	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; в) высокая температура окружающей среды; г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е)

необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Ведомость технических средств

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

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

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

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

3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка	Входной контроль	-	-	-
	Подготовка		Загрязнение жидкостью, для выявления границ трещин.	
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

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

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению	Контроль утечек в гидросистеме центрактора и незамедлительное их устранение.

негативного действия на водную среду.	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса ремонтной сварки дефектных сварных соединений трубопровода ТЭЦ. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по ремонтной сварке трубопровода. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги,

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

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. 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 литосферы.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи ремонтной сварки дефектных сварных соединений трубопроводов горячей воды и пара теплоцентралей и теплоэлектростанций. Трубопровод горячего водоснабжения изготавливается из труб из теплоустойчивых сталей 12Х1МФ, 15Х1М1Ф, 20ХМФЛ и 15Х1М1ФЛ. При дуговой сварке дефектных сварных соединений применяют штучные электроды ТМЛ-1У, ЦЛ-38, ТМЛ-3У, ЦЛ-20, ЦЛ-45, ЦЛ-39. Данные электроды характеризуются высокими показателями стоимости.

В соответствии с базовой технологией ремонт дефектных сварных соединений трубопровода горячей воды и пара теплоцентралей выполняется с применением ручной дуговой сварки и предусматривает выполнение следующих операций: 1) входной контроль, сварочных материалов и оборудования; 2) разделка дефектного места под сварку; 3) сварка, заполнение разделки; 4) контроль качества выполненных ремонтных сварочных работ.

На основании проведённого анализа возможных способов соединения при ремонтной сварке принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку самозащитной порошковой проволокой. За счёт замены способа сварки и применения перспективной порошковой сварочной проволоки предполагается получить снижение трудоемкости сварки и повышение качества сварочных швов. Экономические расчёты будем выполнять на один ремонтируемый стык трубопровода с учётом изменяющихся операции технологического процесса сварки.

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

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	74,89	53,16
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Цпл$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	15000	42000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчет штучного времени

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

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

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

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

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

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

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

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{п-з} = 1\%$ от t_0 .

Расчет машинного времени наплавки дефектного сварного стыка по базовому и по проектному вариантам определим согласно формулы:

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

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

$L_{ш}$ – длина разделки дефекта в сварном соединении, м;

$I_{св.}$ – сила сварочного тока, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки при электродуговой сварке = 9 Г/А*час.

Для определения массы наплавленного металла воспользуемся зависимостью, кг/м:

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

где ρ – плотность наплавленного металла, г/см³ (для нашей стали $\rho = 7,8$ г/см³);

$F_{н}$ – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм².

Для однопроходных швов.

$$F_{н} = (8 \div 12) \cdot d_{эл.} \quad (5.4)$$

$$F_{нб} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}^2.$$

$$F_{нпр} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ мм}^2.$$

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,156 \text{ кг/м.}$$

$$M_{напл.мет.пр} = 7,8 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,093 \text{ кг/м}$$

Длину швов примем исходя из среднестатистической длины дефекта сварного соединения и принимая во внимание необходимое количество валиков для заполнения разделки 1350 мм. Подставив в зависимость 5.2 необходимые переменные получим:

$$t_{об} = \frac{60 * 0,156 * 1,35}{120 * 9} = 11,4 \text{ мин.}$$

$$t_{опр} = \frac{60 * 0,093 * 1,35}{250 * 9} = 7,6 \text{ мин.}$$

Подставив в зависимость 5.1 рассчитанные значения машинного времени получим:

$$t_{штб} = 0,57 + 11,4 + 1,14 + 0,57 + 0,912 + 0,114 = 14,36 \text{ мин} = 0,2394 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 0,06 + 7,6 + 0,76 + 0,38 + 0,608 + 0,076 = 9,576 \text{ мин.} = 0,1596 \text{ час}$$

4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

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

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:

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

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

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

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

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

где: $N_{пр}$ – годовая программа требуемых к исправлению дефектных сварных соединений, 500 шт.;

$t_{шт}$ – время, расходуемое на сварку одного дефектного стыка (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:

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

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:

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

где: D_k – общее количество дней в году;

$D_{вых}$ – общее количество выходных дней 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).

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

Подставив в формулу 5.7 требуемые значения получим:

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{500 * 14,36}{1812 * 60} = 0,06 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{500 * 9,57}{1812 * 60} = 0,04 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,06}{1} = 0,06$$

$$k_{зпр} = \frac{0,12}{1} = 0,04$$

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

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

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{СОП} = K_{МОНТ} + K_{ДЕМ} + K_{ПЛОЩ} \quad (5.10)$$

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

$K_{ДЕМ}$ – расходы на демонтаж оборудования используемого в применяемом варианте технологии;

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

$$K_{МОНТ} = \Sigma Ц_{ОБ} \cdot k_{МОНТ} \quad (5.11)$$

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

$$K_{МОНТ} = 42000 \cdot 0,2 = 8400 \text{ руб}$$

$$K_{ДЕМ} = \Sigma Ц_{ОБ} \cdot k_{ДЕМ} \quad (5.12)$$

где $k_{ДЕМ}$ – коэффициент затрат, для демонтажа применяемого в базовом варианте технологии ремонтной сварки дефектных сварных соединений трубопровода оборудования, $k_{ДЕМ} = 0,2$

$$K_{ДЕМ} = 15000 \cdot 0,2 = 3000 \text{ руб}$$

$$K_{ПЛОЩ} = S_{ПЛОЩ} \cdot Ц_{ПЛОЩ} \cdot g \cdot k_3 \quad (5.13)$$

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

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

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

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

Размер $K_{\text{уд}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

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

После подстановки в формулу (5.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

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

5.4 Расчет технологической себестоимости

При ремонтной сварке стыков трубопровода используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки, для которой сварочным материалом являются штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки порошковой проволокой для которой сварочными материалами будет порошковая проволока. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ = Ц_{\text{м}} \cdot H_{\text{р}} \cdot K_{\text{т-з}}, \quad (4.7)$$

где $Ц_{\text{м}}$ – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы.

$$ЗМб = (335 \cdot 1,7 + 148,5) \cdot 1,05 = 15,75 \text{ руб.}$$

$$ЗМпр = (177,88 \cdot 1,4 + 60,0 \cdot 11,67) \cdot 1,05 = 27,52 \text{ руб.}$$

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

Для применяемого на предприятии варианта ремонтной сварки:

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

$$З_{э-э}^б = \frac{3,6 \cdot 0,19}{0,7} 2,2 = 3,58 \text{ руб.}$$

Для предлагаемого варианта ремонтной сварки

$$P_{пр}^б = 300 \cdot 30 = 9000 = 9 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{пр} = \frac{9 \cdot 0,121}{0,75} 2,2 = 3,19 \text{ руб.}$$

Размер финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

:

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

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

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

Для определения отчислений на амортизацию воспользуемся формулой:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot Na_{об} \cdot t_{ум}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.31)$$

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

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

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

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

Подставив в (5.31) необходимые значения, получим:

$$A_{об}^Б = \frac{15000 \cdot 14,36 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,35 \text{ руб.}$$

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

Для определения финансовых затрат на ремонт воспользуемся формулой:

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

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

$$P_{т.р}^Б = \frac{15000 * 35 * 0,06}{1812 * 100} = 0,17 \text{ руб.}$$

$$P_{т.р}^{ПР} = \frac{42000 * 35 * 0,04}{1812 * 100} = 0,32 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{об}^Б = 0,35 + 0,17 = 1,14 \text{ руб}$$

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

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

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

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

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

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

$$Z_{\text{площ}}^{\text{б}} = \frac{3000 * 8 * 2 * 14,36}{1812 * 100 * 60} = 0,06 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{площ}}^{\text{пр}} = \frac{3000 * 11 * 2 * 9,57}{1812 * 100 * 60} = 0,05 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда.

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

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

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

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

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки;

$k_{\text{зпл}}$ – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

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

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

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

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

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

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

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

После подстановки в формулу (5.35) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{осн}^Б = 0,239 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 31,17 \text{ руб}$$

$$ЗПЛ_{осн}^{IP} = 0,159 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 14,43 \text{ руб}$$

Размер дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

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

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

После подстановки в формулу (5.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

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

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

$$\PhiЗП_Б = 31,17 + 3,17 = 34,34 \text{ руб.}$$

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

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

$$O_{сн} = \PhiЗП \cdot H_{соц} / 100 \quad (5.38)$$

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

После подстановки в формулу (5.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{\text{CH}}^{\text{Б}} = 34,29 \cdot 30/100 = 10,28 \text{ руб.}$$

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

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3\text{М} + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{CH}} \quad (5.39)$$

После подстановки в формулу (5.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 15,75 + 3,58 + 1,14 + 0,06 + 34,29 + 10,28 = 65,64 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПР}} = 27,52 + 3,19 + 2,53 + 0,05 + 15,87 + 4,76 = 53,92 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.40)$$

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

После подстановки в формулу (5.40) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 65,64 + 31,17 \cdot 2,5 = 65,64 + 77,92 = 143,28 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 53,92 + 14,43 \cdot 2,5 = 53,92 + 36,07 = 89,99 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

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

После подстановки в формулу (5.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЗАВ}^Б = 143,28 + 31,17 \cdot 1,8 = 143,28 + 56,10 = 197,13 \text{ руб.}$$

$$C_{ЗАВ}^{ПР} = 89,99 + 14,43 \cdot 1,8 = 89,99 + 25,97 = 115,96 \text{ руб.}$$

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

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	15,75	27,52
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	34,29	15,87
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	10,28	4,76
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	1,14	2,53
5. Величина технологической себестоимости	Стех	65,64	53,92
6. Объём цеховых расходов	Рцех	77,92	36,07
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	143,28	89,99
8. Объём заводских расходов	Рзав	56,10	25,97
9. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	197,13	115,96

5.5 Расчет экономической эффективности проекта

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

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (5.43)$$

После подстановки в формулу (5.43) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (197,13 - 115,96) \cdot 500 = 41696 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$ при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{ЗАВ}^Б + E_H \cdot K_{УД}^Б) - (C_{ЗАВ}^{ПР} + E_H \cdot K_{УД}^{ПР})] \cdot N_{ПР} \quad (5.44)$$

После подстановки в формулу (5.44) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_Г = [(197,13 + 0,33 \cdot 1,80) - (115,96 + 0,33 \cdot 36,96)] \cdot 500 = 35877 \text{ руб.}$$

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

$$\Delta t_{ШП} = \frac{t_{ШПБ} - t_{ШППР}}{t_{ШПБ}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

После подстановки в формулу (5.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{ШП} = \frac{0,23 - 0,15}{0,23} \cdot 100\% = 55\%$$

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

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

После подстановки в формулу (5.46) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 55}{100 - 55} = 59\%$$

Снижение $\Delta C_{ТЕХ}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{ТЕХ} = \frac{C_{ТЕХ}^{БАЗ} - C_{ТЕХ}^{ПР}}{C_{ТЕХ}^{БАЗ}} \cdot 100\% \quad (5.47)$$

После подстановки в формулу (5.47) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{65,64 - 53,92}{65,54} \cdot 100\% = 18\%$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\Xi_{\text{УГ}}} \quad (5.48)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{18480}{40690} \approx 0,5 \text{ года}$$

Сравнительная экономическая эффективность

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (5.49)$$

5.6 Выводы по экономическому разделу

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоемкость на 56 %, увеличивается производительность труда на 59 %, уменьшается технологическая себестоимость на 18 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) в размере 41696 руб.

Расчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 35877 руб. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены, примерно за 0,5 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой

эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель - повышение производительности и экономия присадки при ремонте дефектных сварных швов трубопроводов тепловых станций.

В ходе анализа состояния вопроса ремонтной сварки соединений трубопроводов из теплоустойчивых сталей выполнен анализ материала для изготовления трубопроводов; описана базовая технология ремонтной сварки дефектных соединений трубопроводов; сформулированы недостатки базовой технологии; сформулированы трудности при дуговой сварке теплоустойчивых сталей.

Выводы по результатам анализа базового технологического процесса ремонта дефектов сварных соединений трубопроводов ТЭЦ показали, что присущие ему недостатки обусловлены низким уровнем механизации и автоматизации процесса сварки.

На основании проведённого анализа возможных способов соединения при ремонтной сварке сварных соединений трубопроводов из теплоустойчивых сталей принято решение о замене ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку порошковой проволокой.

Произведен выбор проволоки – отечественная порошковая проволока ПП-Нп-15ХМФ или ПП-Нп-20ХМФ диаметром 1,8 или 2,0 мм. Выбран режим сварки данной проволокой.

За счёт замены способа сварки и применения перспективной порошковой сварочной проволоки получено снижение трудоемкости сварки на 56 %, повышение производительности на 59 %.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 35877 руб.

С учётом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что поставленная цель выпускной квалификационной работы достигнута.

Полученные результаты выпускной квалификационной работы рекомендуются к использованию в производстве при ремонтной сварке трубопроводов из теплоустойчивых сталей.

Список используемых источников

1. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учебно-метод. пособие к курсовому проектированию / М.Г. Козулин - Тольятти: ТГУ 2008.-77 с.
2. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта [Текст] /А.Г. Егоров, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова.- Тольятти.: ТГУ, 2011.- с.8-87.
3. Климов, А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение» / А.С. Климов. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 52с.
4. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
5. Карасев, М.В. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах / М.В. Карасев и др. // Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 38–41.
6. 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.
7. Гитлевич А.Д. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
8. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.

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. 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.
13. 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.
14. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
15. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
16. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
17. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
18. Ключев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
19. Zellars, G.P., Payne S.L., Morris J.P., Kipp R.L. The Activities Iron and Nickel in Liquid Fe-Ni Alloys // Trans. Metallurg. Soc. AIME.1959. Vol.215. №4. P.181-185.

20. Шлепаков, В.Н. Современные электродные материалы и способы электродуговой сварки плавлением / В.Н. Шлепаков // Автоматическая сварка. – 2011 – № 1 – С. 31–35.
21. Шлепаков, В.Н. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки / В.Н. Шлепаков, А.С. Котельчук, С.М. Науменко, А.В. Билинец // Автоматическая сварка. – 2005 – № 6 – С. 18–22.
22. Speiser, R., Jacobs A.J., Spretnak J.W. Activities of Iron and Nickel in Liquid Iron-Nickel Solutions // Trans. Metallurg. Soc AIME. 1959. Vol. 215. № 4. P. 185-192.
23. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
24. 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.
25. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.
26. Гаврилов, С.Н. Экономическая целесообразность замены электродов ЦЛ-11 самозащитной порошковой проволокой / С.Н. Гаврилов // Сварщик-профессионал. Сентябрь-октябрь, 2003. С. 23.