

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)

Технологии сварочного производства и инженерия поверхностей

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Сварка трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта
кондитерской фабрики

Обучающийся

М.В. Якобец

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., профессор Г.М. Короткова

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

Консультанты

к. ф.-м. н. , доцент Д.А. Романов

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

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

Тольятти 2024

Аннотация

Выпускная квалификационная работа «Сварка трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики» состоит из пояснительной записки на 56 страницах, включая введение, четыре главы, заключения, 13 рисунков, 15 таблиц, 22 источника, в том числе 5 на иностранном языке и чертежей на 5 листах формата А1.

Выпускная квалификационная работа включает в себя четыре раздела. В первом разделе проводится анализ исходных данных и известных решений. В результате анализа дано описание сварной конструкции трубопровода из стали 12Х18Н10Т с водяным подогревом. Изучив особенности конструкции трубопровода и современные способы сварки, выбрана механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитного газа Ar.

Во втором разделе разработан технологический процесс сварки трубопровода с водяным подогревом. Выбрано сварочное оборудование, определены параметры режимов сварки отдельных узлов конструкции, дано описание операций технологического процесса трубопровода.

В третьем разделе определены профессиональные риски при работе, связанной с применением дуги плавящимся электродом в защитной среде газа и разработаны мероприятия по снижению профессиональных рисков и пожарной безопасности.

В четвертом разделе проведен расчет показателей экономической эффективности разработанного технологического процесса механизированной сварки плавящимся электродом трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики.

Результаты выпускной квалификационной работы показали, что многие вопросы можно решать в результате других видов деятельности студентов.

Abstract

The final qualification work "Welding of a water-heated pipeline for transporting a confectionery factory product" consists of an explanatory note on 56 pages, including an introduction, four chapters, conclusions, 13 figures, 15 tables, 22 sources, including 5 in a foreign language and drawings on 5 sheets of A1 format.

The final qualification work includes four sections. The first section analyzes the initial data and known solutions. As a result of the analysis, a description of the welded structure of the pipeline made of 12X18H10T steel with water heating is given. Having studied the design features of the pipeline and modern welding methods, mechanized welding with a melting electrode in the environment of the protective gas Ar was chosen.

In the second section, the technological process of welding a pipeline with water heating is developed. Welding equipment was selected, the parameters of the welding modes of individual structural units were determined, and the pipeline technological process operations were described.

In the third section, occupational risks are identified when working with the use of an arc with a melting electrode in a protective gas environment and measures to reduce occupational risks and fire safety are developed.

In the fourth section, the calculation of the economic efficiency indicators of the developed technological process of mechanized welding with a melting electrode of a pipeline with water heating for transporting the product of a confectionery factory is carried out.

The results of the final qualification work showed that many issues can be solved as a result of other types of student activities.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных по сварке трубопроводов продуктов кондитерской фабрики.....	7
1.1 Описание конструкции трубопровода с подогревом	7
1.2 Свойства материала трубопровода с подогревом.....	10
1.3 Базовый вариант сборки и сварки трубопровода с подогревом	14
1.4 Анализ возможных способов сварки трубопровода	15
1.5 Задачи выпускной квалификационной работы.....	21
2 Технология сборки и сварки трубопровода с водяным подогревом	22
2.1 Выбор оборудования для сварки трубопровода	22
2.2 Технология сборки и сварки трубопровода с подогревом	23
3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений	29
3.1 Технологическая характеристика объекта	29
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	30
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	31
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	32
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	34
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений. 36	
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов.....	36
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	37
4.3 Расчёт штучного времени	39
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.....	42
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям	47

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности	51
Заключение	53
Список используемой литературы	54

Введение

Кондитерские изделия, которые имеют вязко - текучую консистенцию или ингредиенты, довольно сложно сделать без имеющихся систем подогрева трубопровода. Трубы с подогревом используются, когда необходимо транспортировать продукты, которые застывают при комнатной температуре или которые обладают высокой вязкостью, такие как нуга или шоколадная масса, или когда необходимо поддерживать постоянную температуру транспортируемого продукта.

Нагревательные трубопроводы являются наиболее востребованными в пищевой промышленности, как пример, пастеризация продуктов и поддержание необходимой температуры ферментации.

Изготовление трубопроводов с водяным подогревом (теплообменник) для кондитерских фабрик весьма актуально.

В качестве материалов для изготовления пищевых теплообменников используются высоколегированные стали аустенитного класса, которые обладают высоким комплексом механических и эксплуатационных свойств: высокая прочность, пластичность, коррозионная стойкость в ряде агрессивных сред, высокая жаропрочность и т.д. Благодаря своему уникальному комплексу свойств нержавеющей стали широко применяются в химической, пищевой и медицинской промышленности.

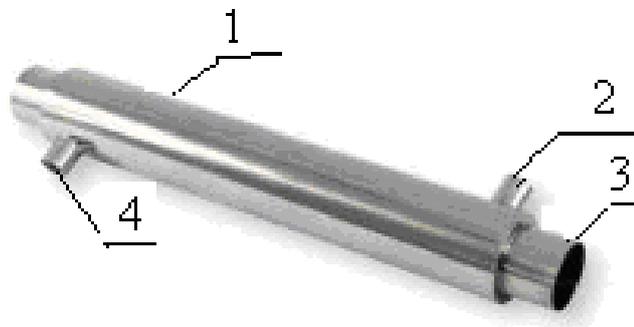
Существующая конструкция трубы с подогревом состоит из двух труб из нержавеющей стали, в качестве способа сварки используется РАД. Однако данному способу присущи такие недостатки, как низкая производительность, поэтому целью работы является повышение производительности технологического процесса при сварке трубопровода с водяным подогревом.

1 Анализ исходных данных по сварке трубопроводов продуктов кондитерской фабрики

1.1 Описание конструкции трубопровода с подогревом

В 2005г. в Тольятти на базе «Тольяттинского пищевого комбината» была создана кондитерская фабрика, которая за короткое время в списке подобных предприятий заняла высокую позицию по выпуску кондитерских изделий. Увеличивая выпуск шоколадных конфет «Ассорти», кондитерская фабрика вынуждена была пойти на приобретение нового оборудования или организовать выпуск трубопровода с подогревом для транспортировки шоколадной массы самостоятельно. Кондитерская фабрика пошла по пути создания участка для изготовления трубопровода с подогревом.

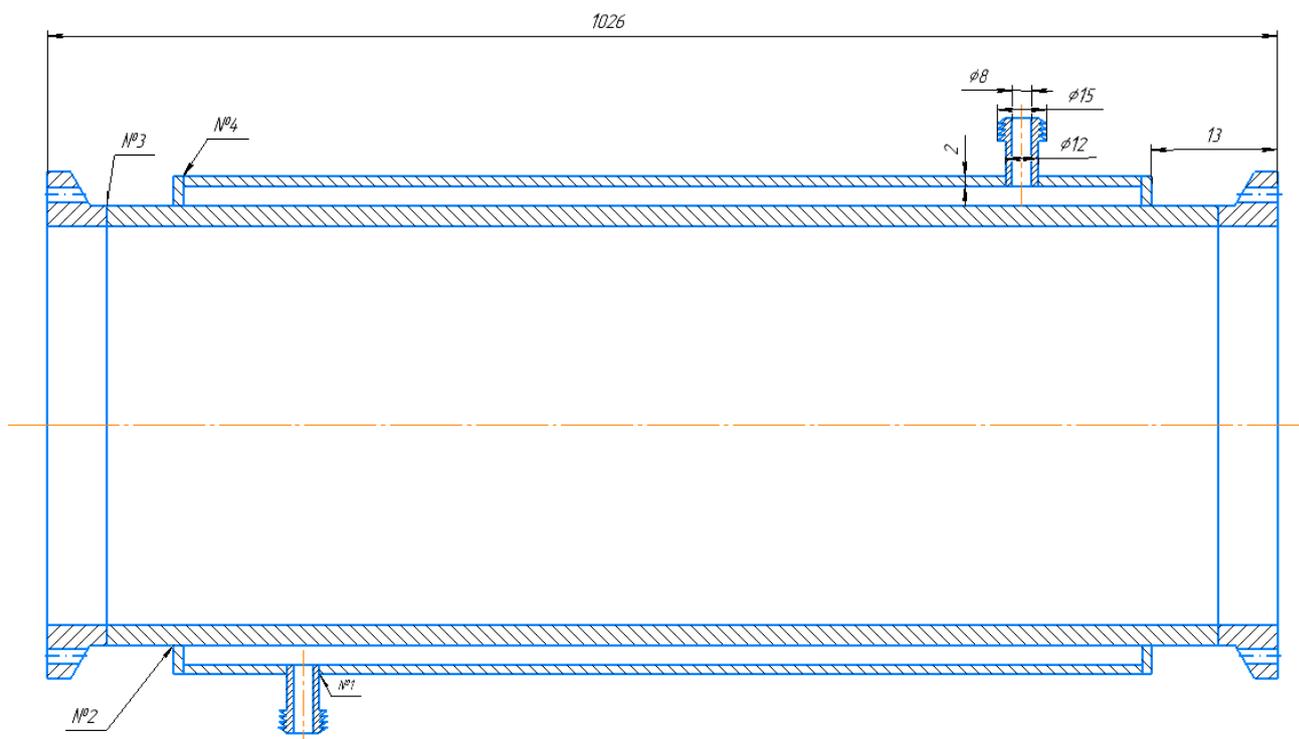
В настоящее время для транспортировки кондитерских глазурей, шоколадной массы, начинок применяется конструкция «труба в трубе». Трубопровод с «рубашкой» или «труба в трубе» представляет собой две трубы разных диаметров (рисунок 1). По трубе меньшего диаметра \varnothing_1 протекает шоколадная масса, а по трубе с большим диаметром (рубашка) \varnothing_2 циркулирует теплая вода, которая подогревает транспортируемый продукт. Размеры данной конструкции: 1026 мм - общая длина, $\varnothing_1 = 52$ мм трубы с большим диаметром (рубашка), $\varnothing_2 = 36$ мм трубы с меньшим диаметром.



1- труба для циркуляции воды, 2,4- штуцера, 3- труба транспортирующая продукт

Рисунок 1 – Трубопровод типа «труба в трубе»

Трубопровод с подогревом - это сварная конструкция, которая представлена на рисунке 2 и черт. 24.БР.СОМДиРП.26.01.000 СБ.



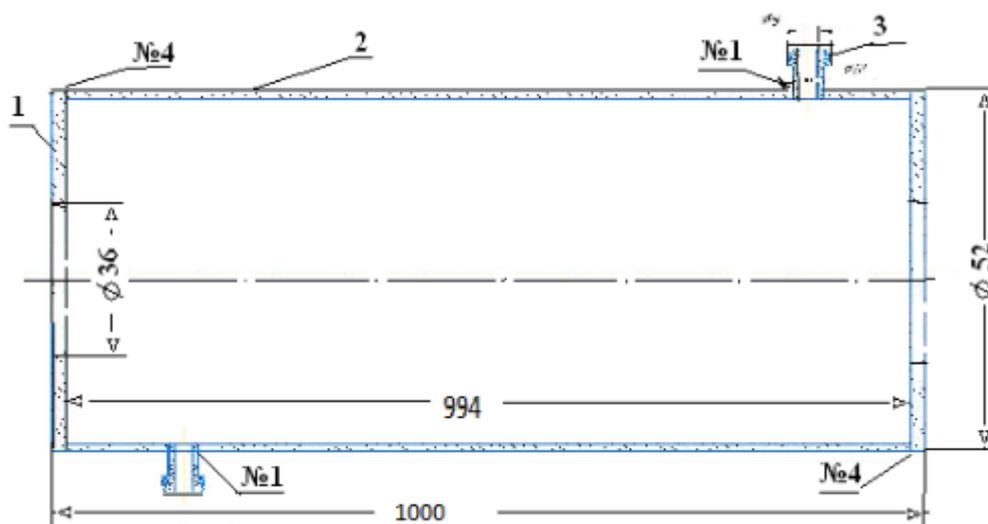
1,5 – фланцы, 2 – труба транспортировки продукта $d_1= 36\text{мм}$, 3- труба для подогретой воды (рубашка) $d_2= 52\text{мм}$, 4,6 - штуцера

Рисунок 2 – Конструкция трубопровода с подогревом в разрезе

Сварную конструкцию трубопровода с подогревом образуют следующие детали. Соединительные фланцы (позиция 1,5), которые привариваются к трубе меньшего диаметра $d_1= 36\text{мм}$ с толщиной стенок 3мм (позиция 2), предназначены для транспортировки продукта. Соединительные фланцы и труба малого диаметра выполняются из пищевой нержавеющей стали. Общая длина трубопровода с фланцами - 1026мм. Труба большего диаметра (рубашка) $d_2= 52\text{мм}$ (позиция 3) герметично соединена с трубой $d_1= 36\text{мм}$.

Для подачи подогретой воды до 70°C в рубашку предусмотрены штуцера (позиция 4,6) (рисунок 2). Длина рубашки диаметром 52мм

составляет 1000мм. Конструкция рубашки трубопровода состоит из двух фланцев (поз.1 рисунок 3) трубы длиной 994 мм (поз.2 рисунок 3) и двух штуцеров (поз.3 рисунок 3). Конструкция сварная и отдельно показана на рисунке 3.



1-фланец, 2- труба $d = 52$ мм, 3- штуцера

Рисунок 3 - Конструкция рубашки трубопровода с подогревом

Подготовка конструктивных элементов сварных соединений (кромки) и типы соединений трубопровода с подогревом приведены в таблице 1.

При изготовлении трубопровода с подогревом для кондитерского производства используется пищевая нержавеющая сталь 12Х18Н10Т для всех элементов конструкции: труб, фланцев, штуцеров.

Размеры конструктивных элементов сварных соединений трубопровода с подогревом указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Подготовка кромок под сварку и типы сварных соединений

Обозначение	Конструктивные элементы		Примечание
	кромки	шва	
У4			Угловое : штуцер-рубашка
У4			Угловое : рубашка-труба
С2			Стыковое : фланец-труба
С2			Стыковое: фланец-рубашка

Всего имеется 4 типа сварных соединений.

1.2 Свойства материала трубопровода с подогревом

Для изготовления пищевых трубопроводов необходимо использовать материалы устойчивые к воздействию температуры и внешней рабочей среды. Широкое применение в промышленности для изготовления пищевых

трубопроводов нашли высоколегированные аустенитные стали 12Х21Н5Т, 07Х13Н4АГ20, 12Х18Н10Т и т.д. [13].

Для изготовления трубопроводов с подогревом для кондитерского производства наибольшее распространение нашли трубы из высоколегированной аустенитной стали 12Х18Н10Т. «Нержавеющая конструкционная коррозионно-стойкая сталь 12Х18Н10Т - это сплав, который можно использовать в самых разных условиях и средах. Сталь 12Х18Н10Т имеет высокую коррозионную стойкость, отлично ведет себя в агрессивных средах таких, как азотная кислота (5-65%), серная кислота (10-150%), смесь HNO_3 и H_2SO_4 , соляная кислота, уксусная кислота, фосфорная кислота и другие агрессивные среды. Сталь 12Х18Н10Т сохраняет свои характеристики в широком температурном диапазоне» [4]. Благодаря своим уникальным свойствам высоколегированные аустенитные стали успешно используются в пищевой и медицинской промышленности. «Нержавеющая конструкционная коррозионно-стойкая сталь 12Х18Н10Т отлично сваривается различными способами дуговой сварки: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, ручная аргодуговая сварка неплавящимся электродом в среде защитных газов, механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов, автоматическая сварка под слоем флюса, плазменная сварка (сварка сжатой дугой)» [10, 6]. Также стали 12Х18Н10Т легко поддается механической обработке, что позволяет применять ее при изготовлении многих конструкций. Основной вид поставки стали 12Х18Н10Т - это лист.

Листовая сталь этого класса является самой популярной на рынке и востребована во всех отраслях. Эта сталь очень хорошо продается благодаря своему высокому спросу. Плоский металлопрокат 12Х18Н10Т бывает горячекатаной или холоднокатаной прокатки. Некоторые характеристики продукта зависят от прокатки листа, например, качество поверхности листа.

Листы стали 12Х18Н10Т могут быть гладкими или фактурными, глянцевыми или матовыми, а так же могут подвергаться термической обработке, травлению.

Листовая сталь этого класса широко применяется при изготовлении труб различного диаметра (рисунок 4).



Рисунок 4 – Вид труб из нержавеющей стали при поставке

Поставка труб заводом-изготовителем стандартная – 6м. Для изготовления трубопровода с подогревом труба транспортирующая продукт $d_1 = 36\text{мм}$ требуется длиной $l_1 = 1026\text{мм}$, а труба, выполняющая роль рубашки $d_2 = 56\text{мм}$ – длиной $l_2 = 1000\text{мм}$, с учетом размеров фланцев 1016мм.

У заказчика есть возможность заключать договора на поставку труб любой длины. Все зависит от количества поставляемых труб.

Свойства высоколегированной аустенитной стали труб приведены в таблицах 2 и 3.

«По согласованию изготовителя с потребителем в стали марок 08X18H10T,08X18H12T,12X18H9T,12X18H10T,12X18H12T,12X18H9,17X18H9 допускается присутствие остаточной меди не более 0,40%» [4].

Таблица 2 – «Химический состав 12X18H10T» [4]

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	-» [4]
до 0.12	до 0.8	до 2	9-11	до 0.02	до 0.035	17-19	до 0.3	(0,5-0.8) Ti, остальное Fe

Таблица 3 – «Механические свойства 12X18H10T» [8]

ГОСТ	Состояние поставки, режимы термообработки	Сечение, мм	0,2 (МПа)	σ (МПа)	δ (%)	%» [4]
5949-75	Прутки. Закалка 1020-1100 С, воздух, масло или вода.	60	196	510	40	55
18907-73	Прутки шлифованные, обработанные на заданную прочность. Прутки нагартованные.	-	-	590-830	20	-
		До 5	-	930	-	-
7350-77	Листы горячекатаные и холоднокатаные: Образцы поперечные 5582-75 Образцы поперечные	Св. 4 До 3,9 До 3,9	236 205 -	530	38	-
530				40	-	
880-1080				10	-	
25054-81	Поковки. Закалка 1050-1100 С, вода или воздух.	До 1000	196	510	35	40
18143-72	Проволока термообработанная.	1,0-6,0	-	540-880	20	-
9940-8	Трубы бесшовные горячедеформированные без термообработки	3,5-32	-	529	4	-

Известно, что высоколегированные аустенитные стали 12X18H10T хорошо свариваются. Различают несколько степеней свариваемости: хорошая (содержание углерода до 0,25), удовлетворительная (содержание углерода 0,25-0,35), ограниченная (содержание углерода 0,35-0,45), плохая (содержание углерода свыше 0,45). Сталь 12X18H10T имеет содержание углерода до 0,12%, таким образом, имеет хорошую свариваемость.

Считается, что свариваемость стали 12X18H10T не представляет особых сложностей. Основной сложностью при сварке высоколегированных сталей является тот факт, что нержавеющие стали имеют, высокий коэффициент линейного расширения, что может приводить к возникновению существенных деформаций и образованию трещин. Также высоколегированные стали склонны к развитию межкристаллитной коррозии. Если металл пребывает значительное время в диапазоне высоких температур, то по краям аустенитных зерен формируются карбиды хрома. Потенциальной опасностью от всех этих факторов может стать хрупкое разрушение конструкции в процессе эксплуатации. Долговечность стали требует удаления или уменьшения выделений карбида и стабилизации его свойств в месте сварки. Поэтому основные требования по сварке высоколегированных сталей связаны с тем, чтобы снижать погонную энергию в процессе сварки и следить за тем, чтобы межслойная температура не превышала 100 °С. В случае если температура превышает 100 °С, то последующие слои выполняют только после охлаждения сварного соединения, ниже данной температуры [13].

1.3 Базовый вариант сборки и сварки трубопровода с подогревом

Сборка пищевого трубопровода производится согласно следующим операциям: трубы нарезают согласно размерам на труборезных станках или с помощью дисковых пил, после подготавливают кромки и производят сварку.

Обязательно производится осмотр трубопровода после сварки, чтобы избежать отклонения от заданных размеров.

Следующей операцией проводится подготовка торцов труб к привариванию фланцев. Фланцы стыкуют с трубами, учитывая все возможные отклонения, «прихватывают» их, а затем производят сварку стыка ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом (РАД).

После сварки производится зачистка готового изделия и сварных швов от загрязнений.

Заключительным этапом является контроль качества сваренного изделия. В качестве способов контроля применяют визуальный и измерительный контроль, а также методы капиллярного контроля (цветная дефектоскопия) или методами контроля: гидравлический метод, пневматический метод, манометрический и так далее.

1.4 Анализ возможных способов сварки трубопровода

Сварка водоохлаждаемого трубопровода может быть проведена такими методами, как ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных смесей, механизированная сварка порошковой проволокой, ручная аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом в среде защитного газа. Рассмотрим каждый способ сварки.

«Ручная дуговая сварка покрытыми электродами это – дуговая сварка, при которой возбуждение дуги, подача электрода и его перемещение производятся вручную, защита сварочной ванны обеспечивается расплавлением и разложением компонентов покрытия (рисунок 4). Этот способ позволяет производить сварку практически любых конструкций и деталей разной сложности, в труднодоступных местах, при разных пространственных положениях сварного шва. Качество сварных соединений,

«Процесс крупнокапельным переносом. Этот процесс наблюдается при сварке в аргоне на токах меньше критических. Отличительной особенностью сварки является малое давление дуги в аргоне. В результате капли вырастают до больших размеров и незначительно приподнимаются над ванной» [11].

«При переходе с электрода в ванну крупные капли значительно изменяют длину дуги, что приводит к резким колебаниям напряжения. При сварке на низких напряжениях, процесс протекает с короткими замыканиями разрядного промежутка и перерывами в горении дуги. С повышением напряжения, длина дуги и размер капель увеличиваются, число коротких замыканий уменьшается, а затем процесс протекает без коротких замыканий» [11].

«Струйный процесс наблюдается при сварке на токах выше критического. Переход от крупнокапельного процесса к струйному в аргоне обычно происходит скачкообразно. Характерной особенностью этого процесса является мелкокапельный перенос электродного металла, непрерывное горение дуги и высокая ее стабильность» [11].

«Механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитных газов – один из производительных способов сварки [11, 21]. Сущность процесса состоит в том, что сварку ведут электродной проволокой (диаметром от 0,8 до 2,0 мм) сплошного сечения в потоке защитного газа или смеси (Ar, CO₂, Ar+CO₂ и т.д.), вытесняющего воздух из зоны горения дуги и от сварочной ванны (рисунок 5). Процесс сварки в защитном газе Ar, является механизированным процессом, обеспечивает получение качественных соединений конструкций из углеродистых и низколегированных сталей. В ряде случаев его применяют для сварки теплоустойчивых и высоколегированных сталей. Сварка может выполняться в любом пространственном положении, поэтому, намного перспективнее других механизированных способов. Важной особенностью механизированной сварки в среде защитных газов является возможность

управлять процессом переноса электродного металла в сварочную ванну в зависимости от толщины свариваемых деталей и пространственного положения шва. Механизированная сварка в смеси $Ar+CO_2$ ($80\%Ar+20\%CO_2$) выгодно отличается от других ещё и тем, что она менее чувствительна к наличию ржавчины на кромках свариваемых деталей. Это обусловлено способностью газовой защитной струи оттеснять пары влаги из зоны горения дуги и окислительными свойствами самой газовой защитной среды» [1]. Защитная среда при сварке плавящимся электродом оказывает влияние на разбрызгивание металла при сварке [20, 19, 22].

Механизированная сварка в среде защитного газа Ar на данный момент является наиболее высокое место по сравнению с другими видами сварки плавлением. По количеству наплавленного металла её удельное значение составляет 53%, по трудоёмкости – 58%.

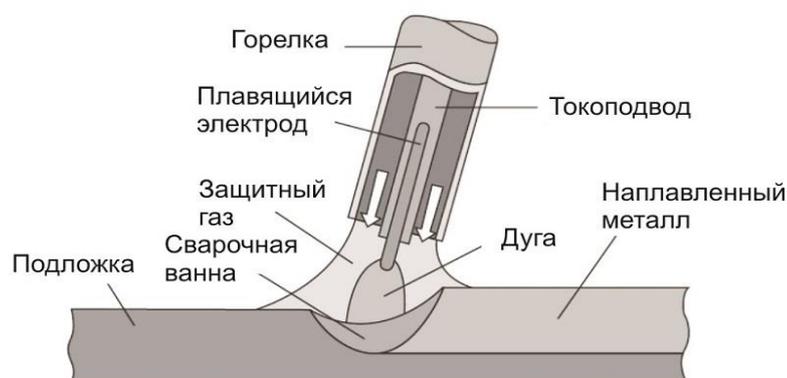


Рисунок 6 – Схема процесса механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов или смесей

«Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Процесс сварки самозащитной порошковой проволокой имеет высокую производительность сварки. Она аналогична, а в некоторых случаях даже превышает производительность сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Для самозащитной проволоки рекомендуемая

полярность зависит от состава сердечника (стабилизаторов дуги) конкретной марки проволоки. Все самозащитные порошковые проволоки очень чувствительны к колебаниям напряжения и поэтому требуют применения источника питания с режимом сварки на жесткой вольтамперной характеристике. В некоторых случаях сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов имеет более широкий диапазон допустимого напряжения. При сварке самозащитной проволокой используется шлак, поэтому необходимо удерживать шлак, направляя на него поток газа. Если горелку расположить под небольшим углом на отставание, она будет удерживать шлак позади дуги. Если направить горелку вперед, она будет подталкивать расплавленный шлак перед сварочной ванной. Из-за этого возникнет риск того, что он окажется, погружен под слой металла» [14].



Рисунок 7 – Схема процесса сварки самозащитной порошковой проволокой

«Аргонодуговая сварка – дуговая сварка, при которой в качестве защитного газа используется аргон. Применяют аргонодуговую сварку неплавящимся вольфрамовым электродом. Аргонодуговая сварка вольфрамовым электродом может быть ручной и автоматической. Сварка

возможна без подачи и с подачей присадочной проволоки. Этот процесс предназначен главным образом для металлов толщиной менее 3-4 мм. Большинство металлов сваривают на постоянном токе прямой полярности. Сварку алюминия, магния и бериллия ведут на переменном токе. При прямой полярности (плюс на изделии, минус на электроде) лучше условия термоэлектронной эмиссии, выше стойкость вольфрамового электрода и допускаемый предельный ток. Дуга на прямой полярности легко зажигается и горит устойчиво при напряжении 10-15 В, в широком диапазоне плотностей тока. При обратной полярности возрастает напряжение дуги, уменьшается устойчивость ее горения, резко уменьшается стойкость электрода, повышаются его нагрев и расход. Эти особенности дуги обратной полярности делают ее непригодной для непосредственного применения в сварочном процессе. Однако дуга обратной полярности обладает важным технологическим свойством: при ее действии с поверхности свариваемого металла удаляются окислы и загрязнения» [15].

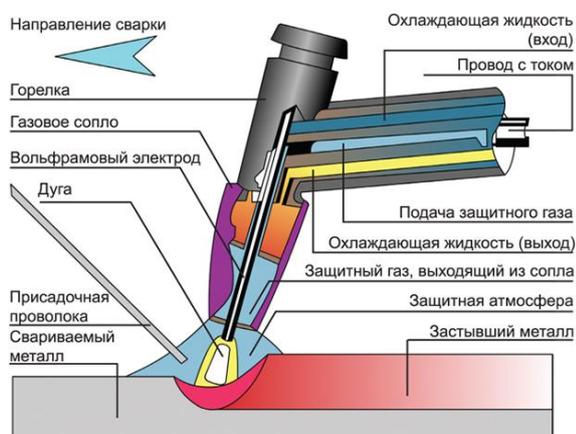


Рисунок 8 – Схема процесса ручной сварки неплавящимся электродом (РАД)

Анализ способов сварки показал, что самый производительный способ сварки, из предложенных выше – это способ механизированной сварки

плавящимся электродом в среде защитных газов. Результаты анализа способов сварки приведены на чертеже 24.БР.СОМДиРП.026.11.000.

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

Существующая конструкция трубопровода с подогревом состоит из двух труб из стали 12Х18Н10Т для сварки которой используется ручная аргонодуговая сварка, поэтому целью работы является повышение производительности технологического процесса при сварке трубопровода.

Для этого в выпускной квалификационной работе требуется решить следующие задачи:

- разработать технологию механизированной сварки в защитной среде газа проволокой сплошного сечения трубопровода с водяным охлаждением из стали 12Х18Н10Т;
- выбрать оборудование и режимы для механизированной сварки в защитной среде газа проволокой сплошного сечения;
- рассчитать экономическую эффективность принятого решения.

2 Технология сборки и сварки трубопровода с водяным подогревом

2.1 Выбор оборудования для сварки трубопровода

Для механизированной сварки плавящимся электродом сплошного сечения выбираем аппарат Profi MIG 200 D (рисунок 9) постоянного тока.



Рисунок 9 - Внешний вид аппарат Profi MIG 200 D

Аппарат Profi MIG 200 D – это инвертор, который обладает пологопадающей внешней вольтамперной характеристикой, технические данные которого приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические данные аппарата Profi MIG 200 D

Наименование параметра	Обозначение	Величина	Примечание
Напряжение сети	B	220	-
Напряжение X.X.	B	60	-
Номинальный св. ток	A	200	-
Диапазон рег. тока	A	20-200; 20-160; 20-160	MIG MMA Lift TIG
ВАХ	-	-	Полого-падающая

Продолжение таблицы 4

Наименование параметра	Обозначение	Величина	Примечание
Габариты	мм	420x200x300	-
Масса	кг	10	-

Аппарат Profi MIG 200 D работает в комплекте с механизмом подачи присадочной проволоки. Внешний вид механизма приведен на рисунке, а техническая характеристика в таблице 4.

Механизм подачи присадочной проволоки обеспечивает плавную и равномерную подачу проволоки в зону сварки без рывков и «заеданий» на протяжении всего процесса сварки.

2.2 Технология сборки и сварки трубопровода с подогревом

При изготовлении трубопровода транспортирующего продукт отмечают длину $l_1 = 1014\text{мм}$, $d_1 = 36\text{мм}$ и $l_2 = 1026\text{мм}$, $d_2 = 56\text{мм}$ в последующем по этим отметкам будет производиться резка труб. Для этого производится разметка. Разметка - это процесс перенос размеров с чертежа на трубу. для изготовления детали трубопровода. Разметка должна полностью соответствовать размерам чертежа (рисунок 10).



Рисунок 10 – Разметка

После нанесенной разметки, трубы режут согласно размерам. Резка производится механическим способом. Механический способ резки представляет собой резку металла вручную острым режущим инструментом. Недостатками данного способа являются приложение немалой физической нагрузки и затрата времени. Термический способ резки гораздо проще и не требует много времени. Известны способы термической резки: лазерная, плазменная, гидроабразивная, однако в работе рассматривается способ механической резки труб монтажной пилой AEG SMT 355 4935411770 (рисунок 11).



Рисунок 11 – Монтажная пила AEG SMT 355 4935411770

Сборка конструкции трубопровода с «рубашкой» производится на монтажном столе прихватками.

Сборка конструкции трубопровода, транспортирующего продукт, с фланцем производится на специальном фланцевом прижиме с вертикальной опорой «СЛОТ - СТОЛ» (рисунок 12).

Конструкция приспособления позволяет с легкостью зафиксировать фланец на вертикальной опоре, а трубу на прижимных механизмах, что

позволит провести сварку с минимальными отклонениями осей. Крепление фланца конструкции трубопровода с подогревом потребует незначительной доработки приспособления.

Сварка «рубашки» производится так же на специальном фланцевом прижиме с вертикальной опорой «СЛОТ - СТОЛ». «Рубашку» производят и собирают отдельно.

Сварная конструкция «рубашки» состоит из нескольких элементов: основная труба $\varnothing 52\text{мм}$, по которой протекает вода, двух фланцев с обеих сторон трубы таким же диаметром, как и труба и двух штуцеров (рисунок 12).



Рисунок 12 – Фланцевый прижим с вертикальной опорой «СЛОТ – СТОЛ»

В технологической карте подробно приведено описание сварки трубы с фланцем из нержавеющей стали механизированной сваркой в среде защитного газа Ar.

Механизированная сварка плавящимся электродом проводится проволокой сплошного сечения марки Св-04Х19Н11М3 $d_{пр} = 0,8 \text{ мм}$ с

использованием сварочного аппарата Profi MIG 200 D с механизмом подачи присадочной проволоки.

Сварка ведется на постоянном токе обратной полярности током $I_{св} = 120\text{А}$, $V_{пр} = 250\text{ м/ч}$.

«СВ-04Х19Н11М3 – это нержавеющей хромоникелевая сварочная проволока сплошного сечения, которая предназначена для механизированной сварки в среде защитного газа аргона» [18].

Контроль качества сварного шва на наличие дефектов проводится аттестованными дефектоскопистами.

При визуальном и измерительном контроле осуществляется осмотр сварного шва на отсутствие недопустимых дефектов, таких как поры, трещины, свищи, подрезы и другие дефекты. Осуществляется измерительный контроль параметров сваренного шва. Геометрические параметры сварного шва должны находиться в следующих пределах: ширина шва должна быть не более 7 мм; высота усиления должна быть в диапазоне от 0,5 до 1,5 мм; высота обратного валика (корня шва) - от 0,5 до 2 мм.

Контроль сварного шва на наличие дефектов производится ультразвуковым дефектоскопом (рисунок 13).



Рисунок 13 – Внешний вид ультразвукового дефектоскопа УД-2

Положительные результаты контроля качества сварного соединения позволяет провести испытание трубопровода на герметичность. Проверка

происходит при помощи баллона со сжатым воздухом. Трубопровод герметично закрывают с двух сторон, накачивают внутрь воздух под давлением 0,3МПа, погружают в воду и проверяют герметичность сварных швов.



Рисунок 14 – Проверка герметичности сварных швов

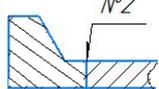
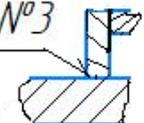
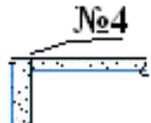
Описание изготовления рубашки с транспортирующим трубопроводом не приводится в этом разделе, так как рубашка поставляется в готовом виде.

Заключение по второму разделу

В результате разработки технологии сварки трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики, повышающей производительность труда, выбран механизированный способ сварки проволокой сплошного сечения в защитной среде аргона (черт. 24.БР.СОМДиРП.026.11.000).

Для этого способа сварки выбран аппарат Profi MIG 200 D в комплекте с механизмом подачи присадочной проволоки, Технические характеристики которого обеспечивает параметры сварки всех швов трубопровода с водяным подогревом. Ориентировочные параметры режимов сварки для всех типов сварных соединений приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Ориентировочные параметры режимов трубопровода

Эскиз	Ид, А	Уд,В	Vпр, м/ч	Q _{Аг} , л/МИН	d _{пр} , мм
	90	28-30	250	8-9	0,8
	120	34-36	250	9-10	0,8
	120	34-36	250	9-10	0,8
	110	32-34	250	8-9	0,8

Сборка отдельных узлов производится прихватками с помощью фланцевого прижима «СЛОТ – СТОЛ» на тех же режимах, которые приведены в таблице 5.

Подробное описание технологических операций для сборки и сварки соединения из стали 12Х18Н10Т проволокой сплошного сечения Св-04Х19Н11М3 d=0,8мм труба – фланец приведено на чертеже 24.БР.СОМДиРП.026.12.000.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

Тема выпускной квалификационной работы: Сварка трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики.

Во время сварки трубопровода с водяным подогревом могут возникать различные вредные и опасные факторы.

«Технический объект выпускной квалификационной работы (технологический процесс, технологическая операция, производственно-техническое или инженерно-техническое оборудование, техническое устройство, конструкционный материал, материальное вещество, технологическая оснастка, расходный материал) характеризуется прилагаемым технологическим паспортом (табл. 6)

Таблица 6 - Технологический паспорт технического объекта» [2]

«Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [2]
Технология сборки и сварки трубопровода с водяным подогревом	Разметка	Разметчик	Рулетка; чертилка	Перчатки
	Резка трубы	Слесарь	Монтажная пила AEG SMT 355 4935411770	Перчатки ; Тряпка
	Сборка	Сварщик	Фланцевый прижим с вертикальной опорой «СЛОТ – СТОЛ»	Перчатки
	Сварка	Сварщик	Сварочный инвертор Profi MIG 200 D	Перчатки ; Сварочная проволока

Продолжение таблицы 6

«Технологический процесс»	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества» [2]
Технология сборки и сварки трубопровода с водяным подогревом	Контроль шва на наличие дефектов	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп УД-2	Перчатки; Очки
	Испытание	Дефектоскопист	Баллон с воздухом; Вода	Перчатки; Очки

Трубопровод с водяным подогревом является сложной сварной конструкцией, поэтому в технологическом процессе показаны опасные и вредные производственные факторы при сборке и сварке.

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Профессиональные риски – это риски получения травм в результате воздействия вредных и(или) опасных производственных факторов. Результаты показаны в таблице 7.

Таблица 7 - «Идентификация профессиональных рисков» [2]

«Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора» [2]
Резка труб диаметром 56мм и 36мм	шум от пилы; искры от резки металла; заусенцы; возможность покалечить руки режущим инструментом	Монтажная пила AEG SMT 355 4935411770
Сварка	брызги; испарения; ожоги; излучения	Сварочный инвертор Profi MIG 200 D
Контроль шва на наличие дефектов	ожоги; шум излучения	Ультразвуковой дефектоскоп УД-2

При идентификации профессиональных рисков, выявлено несколько факторов, из-за которых могут быть получены травмы: резка труб, сварка, контроль шва на наличие дефектов

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

В соответствии с требованиями методических указаний авторов Л.Н. Гориной и М.И. Фесина предлагаем организационно-технические методы и технические средства защиты, а так же средства индивидуальной защиты при изготовлении трубы с водяным подогревом (таблица 8).

Таблица 8 – «Организационно-технические средства снижения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [2]

«Опасный и или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты	Средства индивидуальной защиты работника» [2]
<ul style="list-style-type: none"> – шум от пилы; – искры от резки металла; – заусенцы; – возможность покалечить руки режущим инструментом 	<ul style="list-style-type: none"> – проведение инструктажа; – плакаты по ТБ 	СИЗ; Очки
<ul style="list-style-type: none"> - брызги; - испарения; - ожоги; - излучения 	<ul style="list-style-type: none"> - проведение инструктажа; плакаты по ТБ; - сварочные кабинки 	СИЗ; Сварочная маска; Вытяжка воздуха
<ul style="list-style-type: none"> ожоги; - шум - излучения 	<ul style="list-style-type: none"> - проведение инструктажа; плакаты по ТБ 	СИЗ

Средства для снижения профессиональных рисков были найдены.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Из-за того, что во время изготовления трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики используется механизированный способ сварки проволокой сплошного сечения в защитной среде аргона большая вероятность возникновения пожара при использовании дугового разряда. Таким образом, нужно определить класс пожара, который может возникнуть (таблица 9).

Таблица 9 - «Идентификация классов и опасных факторов пожара» [2]

«Участок, подразделение»	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара» [2]
Участок, на котором проводится сборка и сварка	Фланцевый прижим с вертикальной опорой «SLOT – STOL» Сварочный инвертор Profi MIG 200 D	Пожары, связанные с воспламенением и горением материалов электроустановок, находящихся под напряжением (Е)	брызги; ожоги; излучения	токсичные вещества и материалы, которые попали в воздух из оборудования и других изделий

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, на котором производится сборка и сварка трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продуктов кондитерской фабрики, подобраны технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность (таблица 10).

Таблица 10 – «Технические средства обеспечения пожарной безопасности» [2]

«Первичные средства пожаротушения»	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение» [2]
Ящик с песком, огнетушитель	-	-	Пожарный извещатель	Пожарный щит, пожарный шкаф	Огнестойкий защитный костюм; План эвакуации	Огнетушитель, совковая лопата, кирка, песок	Кнопка оповещения о пожаре

Для обеспечения пожарной безопасности рабочих, были разработаны организационные (организационно-технические) мероприятия (таблица 11).

Таблица 11 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности» [2]

«Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта»	Наименование видов, реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты» [2]
механизованная сварка плавящимся электродом в среде защитного газа Ar	Инструктаж рабочего персонала ; Журнал по пожарной безопасности	Наличие пожарного щита и шкафа, план эвакуации, номера телефонов спасательных служб

3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

При изготовлении трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продуктов кондитерской фабрики, возникают вредные экологические факторы (таблица 12).

Таблица 12 — «Идентификация негативных экологических факторов технического объекта» [2]

«Наименование технического объекта»	Структурные составляющие технического объекта	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу» [2]
Сборка; сварка	Разметка; Резка; Сборка; Сварка; Контроль качества	Задымление	-	Брызги; Искры; Испарения

Таблица 13 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду» [2]

«Мероприятие»	Наименование технического объекта: сборка и сварка» [2]
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Оснащение участка работы вытяжной вентиляцией
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	-
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Контейнер для сбора брызг Контейнер для сбора производственных отходов

В таблице указаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу, гидросферу и литосферу

Заключение по разделу

В этом разделе был создан технологический паспорт сборки и сварки трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продуктов кондитерской фабрики, в котором установлены профессиональные риски.

После того, как были определены профессиональные риски, были разработаны средства их снижения, а так же воздействия опасных производственных факторов.

Был определен класс пожара «Е». пожарная безопасность работников обеспечивается средствами пожарной автоматики, индивидуальной защитой, пожарным оборудованием и инструментами, а так же организационными (организационно-техническими) мероприятиями.

При работе на любом объекте очень важна безопасность и экологичность во время рабочего процесса. Необходимо соблюдать все рекомендации и правила, чтобы избежать травм.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Таблица 14 – «Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса» [7]

«Наименование экономического показателя»	Условное обозначение в расчетах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология» [7]
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	руб/час	230,94	230,94
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1	1
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	$K_{д}$	-	1	1
Коэффициент отчислений на страховые взносы в фонды	$K_{сн}$	%	30	30
Норма амортизации оборудования	$Н_а$	%	21,5	21,5
Норма амортизации площади	$Н_а.пл.$	%	-	-
Площадь под оборудование	S	m^2	-	-
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	руб/ m^2	0	0
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{зксп}$	(руб/ m^2)/год	4800	4800
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5

Продолжение таблицы 14

«Наименование экономического показателя	Условное обозначение в расчетах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология» [7]
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	Кмонт Кдем	%	0	0
Стоимость оборудования	Цоб	руб.	30000	40000
Коэффициент дополнительной производственной площади	Кпл	-	-	-
Мощность оборудования	Муст	кВт	10	10
Стоимость электрической энергии	Цэ-э	руб/ кВт	5,26	5,26
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,75	0,85
Коэффициент эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	1,72	1,72
Коэффициент заводских расходов	Кзав	-	1,97	1,97

В работе предложено изменить процесс сварки трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики с РАД в среде защитного газа Ar на механизированную сварку плавящимся электродом (проволокой сплошного сечения) в среде защитного газа Ar. Таким образом увеличивается производительность и уменьшается стоимость работ.

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

«Размер временного резерва, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе, по основным и конструктивным возможностям можно определить по формуле» [7]:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{cm}. \quad (1)$$

где « T_{cm} – продолжительность рабочей смены в часах» [7];

« D_p – общее число рабочих дней в календарном году» [7];

« $D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [7];

« $T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [7];

« K_{cm} – количество рабочих смен» [7].

«Значения параметров и коэффициентов» [7]. :

« $D_p = 247$ дней, $T_{cm} = 8$ часов, $D_{п} = 7$ дней, $T_{п} = 1$ час $K_{cm} = 1$ » [7].

«После подстановки в формулу (1) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$F_H = (247 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 1969 \text{ ч.}$$

«Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по формуле» [7]:

$$F_э = F_H (1 - B/100). \quad (2)$$

где «В – процент планируемых потерь рабочего времени» [7].

Значения параметров и коэффициентов:

$$F_H = 1969 \text{ ч, } B = 7\%.$$

«После подстановки в формулу (2) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$F_3 = 1969 \cdot (1 - 7/100) = 1831 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы» [7]:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}}. \quad (3)$$

«где $t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $t_{\text{осн}}$ – основное время - количество времени в часах, которое сотрудники затрачивают на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями. Определяется по формуле» [7]:

$$t_{\text{шт}} = L_{\text{шв}} / V_{\text{св}} \quad (4)$$

«где $L_{\text{шв}}$ - сумма длин всех швов, $m \sum L_{\text{шв}} = 0,439m$;» [7].

« $V_{\text{св}}$ — скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{\text{св}} = 5 \text{ м/ч.}$ » [7].

« $V_{\text{св}}$ - скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{\text{св}} = 14 \text{ м/ч.}$ » [7].

Определяем основное время по формуле (4) для обоих вариантов:

$$t_{\text{оснбаз}} = 0,439/5 = 0,087 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{оснпроект}} = 0,439/14 = 0,031 \text{ ч.}$$

« $t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время - количество времени в часах, которое сотрудники будут затрачивать на выполнение подготовительных операций технологического процесса в соответствии с основными и проектными

возможностями, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{ВСП}} = 10\%$ от $t_{\text{ОСН}}$ » [7];

« $t_{\text{ОБСЛ}}$ – наработка – количество времени в часах, которое будет определять обслуживающий персонал, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{ОСН}}$ » [7];

« $t_{\text{ОТЛ}}$ – время личный досуг – объем-время в часах, которое будет затрачено работником на обеспечение личных потребностей в отпуске при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{ОСН}}$ » [7];

« $t_{\text{П-3}}$ – время подготовки-финальное – количество времени в часах, которое будет определено сотрудником для выполнения подготовки – окончательная операция технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-3}} = 1\%$ от $t_{\text{ОСН}}$.» [7].

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$t_{\text{шт.баз}} = 0,087 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,105 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,031 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,038 \text{ ч.}$$

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле» [7]:

$$П_{\text{Г}} = F_{\text{Э}} / t_{\text{шт.}} \quad (5)$$

«где $F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

«шт – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [7];

«После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$П_{г.баз.} = 1831 / 0,105 = 17438 \text{ сварных стыков за год};$$

$$П_{г.проектн.} = 1831 / 0,038 = 48184 \text{ сварных стыков за год}.$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы $Пг = 20000$ сварных стыков в год» [7].

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле» [7]:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot Пг / (Fэ \cdot K_{вн}). \quad (6)$$

где « $Пг$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $t_{шт}$ – штучное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям» [7];

« $Fэ$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы, (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$)» [7].

«После подстановки в формулу (6) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$n_{\text{расч. б.}} = 0,105 \cdot 20000 / (1831 \cdot 1,03) = 1,11;$$

$$n_{\text{расч. пр.}} = 0,038 \cdot 20000 / (1831 \cdot 1,03) = 0,4.$$

«Исходя из расчета по определению эффективного функционального рабочего времени на единицу оборудования, времени, которое будет затрачено рабочими на выполнение всей работы технологического процесса, основных возможностей и возможностей в проекте, можно сделать вывод о необходимом количестве и сварочное оборудование. Для реализации ключевой технологии необходимо использовать штучное производственное оборудование. Для реализации технологии проекта необходимо использовать единое производственное оборудование» [7].

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [7]:

$$K_z = n_{\text{расч}} / n_{\text{пр.}} \quad (7)$$

где « $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (6) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7].

«После подстановки в формулу (7) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$K_{зб} = 1,11 / 1 = 1,11;$$

$$K_{зп} = 0,4 / 1 = 0,4$$

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология сварки предполагает использование ручной дуговой сварки покрытым электродом. Технология проекта предусматривает

использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле» [7]:

$$M = C_M + K_{T-3}, \quad (8)$$

где C_M – «цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [7].

« K_{T-3} – «принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы» [7].

«После подстановки в формулу (8) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$M_{\text{баз.}} = 1400 + 5 = 1405 \text{ рублей}»$$

$$M_{\text{проектн.}} = 1200 + 5 = 1205 \text{ рублей}»$$

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ » [7].

«Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (9)$$

где « $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [7];

« $K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [7].

«После подстановки в формулу (9) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 0,105 \cdot 230,94 \cdot 1 = 24,24 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 0,038 \cdot 230,94 \cdot 1 = 8,77 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (10)$$

где « $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [7].

«После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, получим» [7]:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 24,24 \cdot 12/100 = 2,9 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 8,77 \cdot 12/100 = 1,05 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 24,24 + 2,9 = 27,14 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 8,77 + 1,05 = 9,82 \text{ руб.}$$

«Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot K_{\text{сн}}/100. \quad (11)$$

где « $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [7].

«После подстановки в формулу (11) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$O_{\text{сн баз.}} = 27,14 \cdot 30/100 = 8,142 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 9,82 \cdot 30/100 = 2,946 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э.}}, \quad (12)$$

«где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $P_{\text{э.}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7]

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при

выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7]:

$$A_{об} = Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш} / F_3 \cdot 100. \quad (13)$$

где « $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного в операциях технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет» [7];

« N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [7];

« $t_{маш}$ – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями» [7];

« F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7].

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$A_{об. баз.} = 30000 \cdot 21,5 \cdot 0,33 / (1831 \cdot 100) = 1,15 \text{руб.};$$

$$A_{об. пр.} = 40000 \cdot 21,5 \cdot 0,53 / (1831 \cdot 100) = 2,48 \text{руб.}$$

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле» [7]:

$$P_{эз} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{эз} / КПД. \quad (14)$$

где « $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7];

« $Ц_{эз}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [7];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [7].

«После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$P_{\text{ээ баз}} = 10 \cdot 0,33 \cdot 5,26 / 0,75 = 23,14 \text{ руб.};$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 10 \cdot 0,53 \cdot 5,26 / 0,85 = 32,79 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{баз.}} = 1,15 + 23,14 = 24,29 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 2,48 + 32,79 = 35,27 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$C_{\text{тех}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сн}} + З_{\text{об.}} \quad (15)$$

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 1405 + 27,14 + 8,142 + 24,29 = 1464,572 \text{руб.};$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 1205 + 9,28 + 2,946 + 35,27 = 1252,514 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех.}} \quad (16)$$

где « $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю производственных затрат при выполнении операций технологического процесса по основным и проектным возможностям» [7].

«После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1464,572 + 1,5 \cdot 24,24 = 1464,572 + 36,36 = 1500,932 \text{руб.};$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1252,514 + 1,5 \cdot 8,77 = 1252,514 + 13,155 = 1265,669 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{зав}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав}. \quad (17)$$

где « $K_{зав}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [7].

«После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$C_{ЗАВБаз.} = 1500,932 + 1,15 \cdot 24,24 = 1500,932 + 27,876 = 1528,808 \text{руб.};$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1265,669 + 1,15 \cdot 8,77 = 1265,669 + 10,0855 = 1275,7545 \text{руб.}$$

Таблица 15 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [7]

Показатель	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный» [7].
Материалы	М	1005	1205
Фонд заработной платы	ФЗП	27,14	9,82
Отчисление на соц. нужды	Осн	8,142	2,946
Затраты на оборудование	Зоб	24,29	35,27
Себестоимость технологич.	Стехн.	1464,572	1252,514
Себестоимость цеховая	Сцех.	1500,932	1265,669
Себестоимость заводская	Сзав	1528,808	1275,7545

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 17» [7].

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

«Значение $K_{\text{общ}}$ капитальные затраты, которые потребуются для выполнения технологических операций над базовыми и проектными вариантами, определяются расчетным путем по формуле» [7]:

$$K_{\text{общ. б.}} = C_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{з.б.}} \quad (18)$$

где « $K_{\text{з}}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [7];

« $C_{\text{ОБ.Б.}}$ – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [7];

« n – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах» [7].

«Величину $C_{\text{ОБ.Б.}}$ остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [7]:

$$C_{\text{об.б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100). \quad (19)$$

где « $C_{\text{ПЕРВ.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [8];

« $T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [7];

« $N_{\text{А}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [7].

«После подстановки в формулу (18) и (19) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 30000 - (30000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 10650 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩ.Баз.}} = 10650 \cdot 1,11 = 11821,5 \text{ руб.}$$

«Величину $K_{\text{ОБЩ.ПР}}$ суммарные капитальные затраты на выполнение операций технологического процесса в технологии проекта определяем расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{\text{Общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (20)$$

где « $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии проекта» [7];

« $K_{\text{ПЛ.ПР}}$ – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта» [7];

« $K_{\text{СОП.ПР}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [7].

«Объём $K_{\text{ОБ.ПР}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$K_{\text{об.пр.}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{тз}} \cdot K_{\text{зп.}} \quad (21)$$

«После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [7].

$$C_{\text{об.пр.}} = 40000 \cdot 1,05 \cdot 0,4 = 16800 \text{ руб.}$$

. «Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчетным методом по формуле» [7]:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт.}} \quad (22)$$

где « $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [7];

« $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [7].

«Затраты $K_{ДЕМ}$ на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении, определяются расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{ДЕМ} = Ц_{Б} \cdot K_{ДЕМ}. \quad (23)$$

где « $K_{ДЕМ}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [7].

«После подстановки в формулу (23) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$K_{ДЕМ} = 30000 \cdot 0 = 0 \text{ рублей.}$$

«Стоимость $K_{МОН}$ на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы определяем расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{МОНТ} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{М.} \quad (24)$$

где « $K_{МОНТ}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [7].

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах (5.22) и (5.24) имеем» [7]:

$$K_{МОНТ} = 30000 \cdot 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{СОП} = 0 + 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩ.ПР.} = 16800 + 0 = 16800 \text{ руб.}$$

«Размер $K_{ДОП}$ дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{ДОП} = K_{ОБЩ.ПР.} - K_{ОБЩ.Б.} \quad (25)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (25) имеем» [7]:

$$K_{ДОП} = 16800 - 10650 = 6150 \text{ рублей.}$$

«Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [7]:

$$K_{уд} = K_{общ} / П_{г}. \quad (26)$$

где « $П_{г}$ – принятое значение годовой программы» [7].

$$K_{удБаз} = 10650 / 20000 = 0,53 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн} = 16800 / 20000 = 0,84 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [7]:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт б} - t_{шт пр}) \cdot 100 \% / t_{шт б}. \quad (27)$$

«После замены в формуле (27) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [7].

$$\Delta t_{шт} = (0,087 - 0,031) \cdot 100 \% / 0,087 = 64,3 \%.$$

«Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:» [7].

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100 / C_{тех.б.} \quad (29)$$

«После подстановки в формулу (29) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$\Delta C_{тех} = (1528,808 - 1275,7545) \cdot 100 / 1500,932 = 16,85 \%.$$

«Условная годовая экономия затрат (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле» [7]:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{пр}) \cdot П_{г} \quad (30)$$

«После замены в формуле (30) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [7].

$$Э_{у.г.} = (1528,808 - 1275,7545) \cdot 20000 = 5061070 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при

внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [7]:

$$\text{Ток} = \text{Кдоп} / \text{Эу.г.} \quad (31)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем:» [7].

$$\text{Ток} = 6150 / 5061070 = 0,0012 \text{ года}$$

«Годовой экономический эффект Эг на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [7]:

$$\text{Эг} = \text{Эуг} - \text{Ен} \cdot \text{Кдоп.} \quad (32)$$

«После подстановки в формулу (32) числовых значений соответствующих переменных, имеем:» [7]

$$\text{Эг} = 5061070 - 0,33 \cdot 6150 = 5059040 \text{ руб.}$$

Таким образом, годовой экономический эффект составил 5059040 руб.

Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы было выявлено, что смена РАД в среде защитного газа Ar на механизированную сварку плавящимся электродом (проволокой сплошного сечения) в среде защитного газа Ar при сварке трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики является более эффективной, потому что увеличивается производительность труда на 16%, а так же уменьшается технологическая себестоимость на 64%. После того, как были внедрены новые решения, при расчёте годовой экономии, было выявлено, что она составит около 5 млн. рублей.

Заключение

Цель работы - повышение производительности технологического процесса при сварке трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики.

Задачи, поставленные в выпускной квалификационной работе, были достигнуты.

Был разработан технологический процесс сварки трубопровода с водяным подогревом для транспортировки продукта кондитерской фабрики.

По результатам проведенного анализа возможных способов сварки оптимальным является способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитного газа аргона (Ar). В связи с тем, что он обладает высокой производительностью и качеством сварных соединений. Также при механизированной сварке значительно ниже вложение тепла в свариваемые кромки, что положительно сказывается на механических и эксплуатационных свойствах изделия и сварных соединений.

Для выбранного способа сборки и сварки выбран аппарат Profi MIG 200 D и механизм подачи присадочной проволоки Св-04Х19Н11МЗ. Диаметр проволоки составляет 0,8 мм.

После проведенного поиска приспособлений для сварки фланцев к торцам трубы решено применить фланцевый прижим с вертикальной опорой «СЛОТ – СТОЛ». Эта конструкция соответствует всем технологическим требованиям для сборки и сварки пищевого трубопровода.

Стоит отметить, что правильно подобранные материалы, оборудование и приспособления, а так же правильно разработанный технологический процесс позволили получить экономическую эффективность в 5059040 руб.

Увеличивается производительность труда на 16%, а так же уменьшается технологическая себестоимость на 64%.

Список используемой литературы

1. Бурмистров Е. Г. Основы сварки и газотермических процессов в судостроении и судоремонте : учебник / Е. Г. Бурмистров. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 552 с.
2. Горина Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. – Тольятти : Изд-во ТолПИ, 2000. -68с.
3. Гриценко В.В. Конспект лекций по дисциплине «Диагностика, ремонт и монтаж машин и оборудования»: Учебное пособие для студентов направления «Технологические машины и оборудование» всех форм обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2022. – 50 с. [ЭР].
4. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие в жаропрочные. М. ИПК стандартов, 1972. 203 с.
5. Казаков Ю. В. Преддипломная практика/ Сост– Тольятти: ТГУ, 2007. 13 с.
6. Каховский Н. И. Сварка нержавеющей сталей. Киев, «Техника», 1968, 312 с.
7. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. Указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
8. Михайлицын С. В. Сварка специальных сталей и сплавов / С. В. Михайлицын И. Н. Зверева, М. А. Шекшеев. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. — 192 с
9. "Марочник сталей и сплавов Под общ. ред. А.С.Зубченко 2-е издание доп. и испр. М.: Машиностроение 2003г. 784 стр.
10. Моторин К.В. Методическое указание по курсовому проектированию бакалавров очного и заочного обучения. / К.В. Моторин. – Тольятти: ТГУ, 2021. – 7 с.

11. Потапиевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М. : «Машиностроение», 1974. – 240 с.
12. Справочник по конструкционным материалам: Справочник / Б.Н. Арзамасов Т.В. Соловьева, С.А. Герасимов и др.; Под ред. Б.Н. Арзамасова, Т.В. Соловьевой. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005- 640 с.: ил.
13. Сварка и резка материалов: Учеб. Пособие / М.Д. Банов Ю.В. Казаков М.Г. Козулин и др. ; Под ред. Ю.В. Казакова – М. : Издательский центр « Академия», 2000 – 400 с.
14. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие для СПО / И. В. Смирнов. — 2е изд., стер. — Санкт Петербург : Лань, 2022. — 268 с.
15. Сварка при строительстве и ремонте линейной части магистральных трубопроводов : учебное пособие / В. И. Берг, Р. А. Мамадалиев, В. О Довбыш, О. Ю. Теплоухов. - Тюмень : ТИУ, 2023. - 159 с.
16. Тихомирова Л.А. Законодательство в области промышленной безопасности: особенности и проблемы реализации [Текст] : монография / Л. А. Тихомирова ; Ун-т упр. "ТИСБИ". - Казань : ТИСБИ, 2015. - 220 с.
17. Томас, К. И. Технология сварочного производства : учебное пособие / К. И. Томас. — Томск : ТПУ, 2011. — 247 с.
18. Bauer В. Н., Crevis N. and oth. Mild steel welding with argon/CO₂ mixtures. «British Welding Journal», 1961, p. 151 – 161.
19. Clews K. J. Inert gas shielded metal arc welding of thick copper without preheat, . «British Welding Journal», 1961, N 7, p. 353 – 359.
20. Phipps G. A., Smith A. S. High Current CO, — Shielded arc Welding, «Biitish Welding Journal», 1962, N 10, p. 567—584.
21. Smith A. A, CO shielded consumable electrode arc welding Abington Hall, Abington—Combridge 1970, 136 p.
22. Young J. G. Argon—nitrogen mixtures for the self—adjusting are welding of copper, «British Welding Journal», 1961, N 7, p. 349—353.