

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)

Технологии сварочного производства и инженерия поверхностей

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс и оборудование для изготовления корпуса реактора по
производству биологических газов

Обучающийся

А.М. Додихудоева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

(ученая степень звание И.О. Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Тема бакалаврской работы «Технологический процесс и оборудование для изготовления корпуса реактора по производству биологических газов». Выпускная квалификационная работа состоит из объяснительной записки на 62 страницы, включая введение, заключения, 16 рисунков и 8 чертежей на листах формата А1. Целью выпускной квалификационной работы является повышение производительности на изготовление корпуса биореактора по производству.

В процессе изготовления корпуса реактора в сфере биотехнологии, обычно используется ручная дуговая сварка с покрытыми электродами. Однако этот метод не приносит желаемого уровня производительности из-за ограниченной скорости сварки.

По результатам детального анализа различных подходов к сварке, было рассмотрено и выбрано переходное решение от ручного процесса к механизированной сварке с использованием плавящегося электрода в комбинации с защитными газами. Этот подход позволяет достичь значительно более высокой скорости работы и гарантирует качество сварного соединения. Для достижения целей выпускной бакалаврской работы были выполнены следующие шаги: анализированы исходные данные и существующие методы использования биогазовых реакторов, что позволило разработать описание нового биологического реактора, исследовать характеристики материалов и оценить различные методы сварки, а также определить основные задачи проекта; разработан технологический процесс сборки и сварки корпуса биологического реактора, включающий в себя все этапы производства. проведен экологический анализ предлагаемых технологических решений с целью оценки их воздействия на окружающую среду и выявления потенциальной угрозы для природной среды, а также разработана экономическая часть.

Abstract

Title of the bachelor's thesis: "Technological Process and Equipment for Manufacturing Reactor Vessels for the Production of Biological Gases". The final qualification work comprises a 62-page explanatory note, including an introduction, conclusion, 16 figures, and 8 drawings on A1 sheets. The aim of the final qualification work is to enhance the productivity of bioreactor vessel manufacturing.

In the process of fabricating reactor vessels in the field of biotechnology, manual arc welding with coated electrodes is commonly utilized. However, this method fails to achieve the desired level of productivity due to its limited welding speed.

Based on a thorough analysis of various welding approaches, a transition from manual processes to mechanized welding using a fusion electrode in conjunction with shielding gases was considered and chosen. This approach achieves significantly higher operating speeds and ensures the quality of welded joints.

To accomplish the objectives of the final bachelor's thesis, the following steps were taken: analysis of initial data and existing methods of biogas reactors, leading to the development of a description of the new biological reactor; examination of material characteristics and evaluation of different welding methods, as well as determination of the main project objectives; development of the technological process for assembly and welding of the biological reactor body, encompassing all production stages; and conduct of an environmental analysis of the proposed technological solutions.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных и известных решений по применению биогазовых реакторов.....	7
1.1 Описание конструкций биологических реакторов.....	7
1.2 Описание предлагаемого биологического реактора	13
1.3 Свойства материала биологического реактора.....	14
1.4 Анализ возможных способов сварки реактора по производству биологических газов	16
2 Разработка технологического процесса сборки и сварки реактора по производству биологических газов	24
2.1 Разметка труб	24
2.2 Резка труб	24
2.3 Сборка и сварка обечайки с доньшками.....	25
2.4 Сборка и сварка корпуса биореактора с патрубками.....	26
2.5 Контроль качества	27
3 Выбор и разработка оборудования и приспособлений для сборки и сварки реактора по производству биологических газов.....	28
3.1 Машина для фигурной резки труб Promotech PPCM-1250	28
3.2 Источник питания и подающий механизм.....	29
4 Безопасность и экологичность технического объекта	31
4.1 Конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики сборки и сварки реактора по производству биологических газов.....	32

4.2 Идентификация профессиональных рисков	34
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	35
4.4 Обеспечение пожарной безопасности	36
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта	38
4.6 Заключение разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра	39
5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы.....	41
5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчетов	41
5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	43
5.3 Расчёт штучного времени	44
5.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии	47
5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям	52
5.6 Расчёт показателей экономической эффективности.....	55
5.7 Вывод по оценке экономической эффективности выпускной квалификационной работы	56
Заключение	58
Список используемой литературы и используемых источников.....	58

Введение

В настоящее время большинство людей используют в пищу мясные продукты, а для получения мяса используют коров, лошадей, овец и других животных. Однако при содержании этих животных получается много отходов.

Каждый год на фермах формируется масштабное количество органических отходов, таких как навоз и мочевина. Эти вещества, проникая в почву, водоносные слои и атмосферу, создают серьезные экологические риски. Однако, используя передовые научные технологии для переработки аграрных отходов, можно не только нейтрализовать эти экологические проблемы, но и преобразовать их в ресурсы, но и реализовать экономические выгоды. На данный момент в мире известно около 60 различных технологических подходов к получению биогаза.

Технологии биогаза способны эффективно решать проблему переработки отходов животноводства. Термин "утилизация" происходит от латинского слова "until" и означает использование отходов снова или их возвращение в цикл производства. «Так как биогазовые технологии стали известны еще в далекие времена, то самая простая конструкция биореактора для психрофильного и мезофильного режимов работы представляла собой выкопанную яму, чем-либо закрытую сверху или герметичную ёмкость. Преимущество данной биогазовой установки является простота конструкции и обслуживания небольшая стоимость. Недостатками таких установок являются: малое выделение биогаза; долгая и неполная переработка органического субстрата; содержание в переработанной биомассе вредоносной флоры» [16].

В настоящее время корпуса биологических реакторов для получения биогаза изготавливают из нержавеющей высоколегированной стали применением ручной дуговой сварки. Однако этот способ не обеспечивает высокой производительности из-за малой скорости сварки, поэтому целью работы является повышение производительности.

1 Анализ исходных данных и известных решений по применению биогазовых реакторов

В современном мире активно внедряются биогазовые методы, которые опираются на разнообразие температурных условий, уровня влажности, состава исходного материала, продолжительности процесса микробиологической ферментации и предлагают множество типов установок для биогаза.

Профессионалы отрасли сталкиваются с возрастающим спросом на эффективное управление и использование отходов животного происхождения, а ключевой возможностью для решения вопроса утилизации органических отходов в сельской местности является способность их переработки с применением биогазовых технологий.

Биогаз представляет собой комбинацию метана и углекислого газа, образующуюся в результате гидрогенного или метанного брожения органических материалов. Подготовленный и сконцентрированный субстрат с необходимым уровнем влажности поступает в биореактор. Процесс выделения газа и азотных удобрений из органического материала известен как процесс брожения. Брожение осуществляется благодаря активности микроорганизмов. Выходные биогазы проходят очистку от углекислого газа и других незначительных примесей.

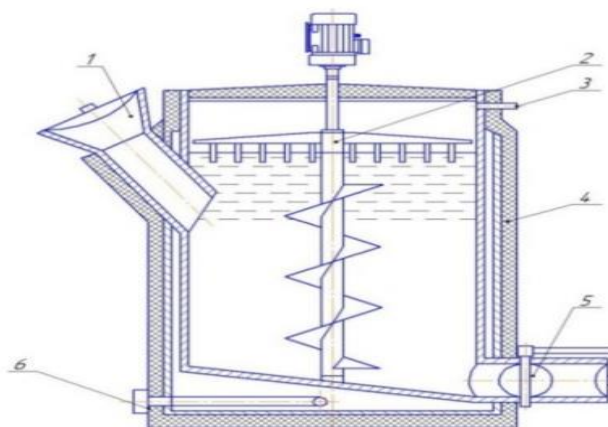
«Обширное развитие биогазовых установок получило в Китае, также активно внедряют в ряде стран Европы, Америки, Азии» [23].

1.1 Описание конструкций биологических реакторов

«Известна (рисунок 1) индивидуальная биогазовая установка (ИБГУ-1) служит для утилизации отходов, которые скапливаются на небольшом фермерском хозяйстве. В качестве сырья в этой установке может

использоваться как навоз крупного рогатого скота, таки и бытовые твердые отходы органического происхождения» [1].

При обработке отходов образуются жидкости, которые можно использовать в качестве удобрений, отличающиеся высоким уровнем экологической безопасности. Эти удобрения не содержат опасных микроорганизмов и не имеют неприятных запахов, характерных для фекалий. Они обладают высокой полезностью для растений и особенно привлекательны тем, что не содержат нитратов. В составе биогумусовых удобрений присутствует значительное количество аммония, калия, фосфора и других элементов, необходимых для здорового роста и развития растений.



1 – патрубок для загрузки; 2 – мешалка; 3 – патрубок отвода биогаза; 4 – теплоизоляционный материал; 5 – механизм для удаления биоудобрений; 6 – термометр

Рисунок 1 — Индивидуальная биогазовая установка

«Индивидуальная биогазовая установка (ИБГУ-1) подойдёт для семьи, имеющей от 2 до 6 коров или 20-60 свиней, или 100-300 голов птицы. Установка ежедневно может перерабатывать от 100 до 300 кг навоза и производит 100-300 кг экологически чистых органических удобрений и 3-12 м³ биогаза. Влажность загружаемого сырья должна быть 85-93 %. Из 1 т навоза крупного рогатого скота (КРС) получается 50-65 м³ биогаза с содержанием метана 60 %, 150-500 м³ биогаза из различных видов растений с содержанием

метана до 70 %. Максимальное количество биогаза - это 1300 м³ с содержанием метана до 87 % — можно получить из жира. 1 м³ биогаза эквивалентен 0,6 м³ природного газа, 0,7 л мазута, 0,4 л бензина, 2 кВт/ч электроэнергии, 1,5 кг каменного угля, 3,5 кг дров, 12 кг навозных брикетов» [1].

«К преимуществам индивидуальной биогазовой установке (ИБГУ-1) можно отнести:

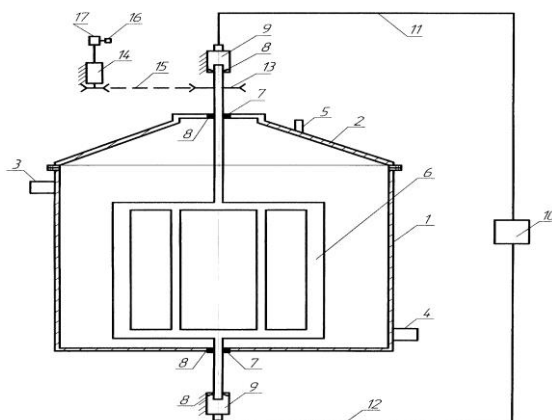
- получение биогаза, экологически чистого органического удобрения, электроэнергии;
- утилизация отходов животноводства и растениеводства;
- замена дорогих минеральных удобрений на более дешёвые и эффективные органические удобрения;
- появление дополнительного источника доходов;
- снижение расходов на электроэнергию и тепло» [8].

«К недостаткам индивидуальной биогазовой установке (ИБГУ-1) можно отнести:

- высокая стоимость установки и обслуживания;
- подойдёт крупному фермерскому хозяйству, а не мелкому собственнику;
- для эффективной работы установки нужен большой объём отходов» [5].

Известно (рисунок 2), биологический реактор для анаэробного сбраживания органических отходов (патент RU 152 918 U1, A01C 3/02, (2006 01), опубл. 20.06.2015). «Полезная модель относится к сельскому хозяйству, в частности к биогазовым установкам и может быть использована для переработки отходов животноводства и птицеводства в фермерских и крестьянских хозяйствах. Технический результат предлагаемой полезной модели сводится к нагреву и перемешиванию биомассы одновременно одним устройством, снижению металлоемкости конструкции и энергетических затрат, увеличению равномерности теплообмена и перемешивания биомассы

по всему объему биореактора. Сущность предлагаемой полезной модели заключается в следующем. Предлагаемая конструкция включает в себя теплообменник-мешалку 6, выполненный в виде вертикального трубчатого вала с четырьмя лопастями, изготовленными из труб хромомолибденовой стали, при этом лопасти, имеющие скобообразную форму расположены симметрично и жестко прикреплены к вертикальному трубчатому валу с возможностью вращения в горизонтальной плоскости» [20, 21].



- 1 – корпус; 2 - крышка; 3 – патрубок для подвода; 4 – патрубок для отвода;
 5 – биомасса; 6 – теплообменник-мешалка; 7 – подшипник качения;
 8 – сальниковый уплотнитель; 9 – цилиндрическая труба; 10 – источник теплоты;
 11-12 – труба; 13 – ведомый шкив; 14 – электродвигатель; 15 – клиноременная передача;
 16 – пульт управления; 17 – реле времени

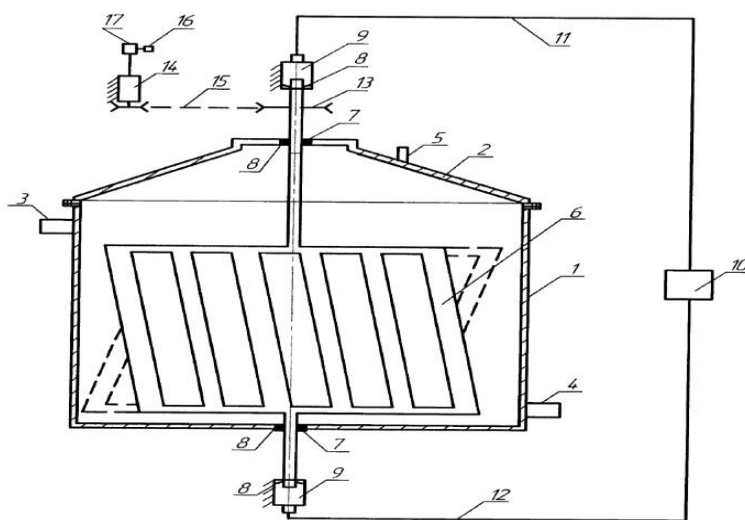
Рисунок 2 – Биологический реактор

Теплообменный агрегат, интегрированный в систему ферментации, находится на одной оси с ферментационной камерой. Эта камера закреплена на стойках с подшипниками качения, которые оснащены уплотнительными сальниками. Она присоединена к крышке 2 и основному корпусу реактора 1. Теплообменник связан с источником тепла через неподвижные цилиндрические трубы, один конец которых присоединен к источнику тепла с

помощью труб 11-12, а другой конец — к вертикальному трубчатому валу с уплотнительными сальниками.

В середине верхней секции вертикального вала находится неподвижно закрепленный ведущий шкив 13, который через клиноремную передачу 15 соединен с электродвигателем 14. Биологический реактор представляет собой герметичный корпус с изоляцией для сохранения тепла, оборудованный крышкой, трубами для подачи и удаления биомассы, трубопроводом для биогаза, теплообменником-мешалкой и механизмом привода.

«Известно (рисунок 3), биологический реактор для анаэробного сбраживания органических отходов (патент RU 174 157 U1, A01C 3/00, (2006 01), опубл. 05.10.2017)» [20, 21].



- 1- герметичный теплоизолированный корпус; 2 – крышка; 3 – патрубок для подвода;
4 – патрубок для отвода; 5 – биомасса; 6 – теплообменник-мешалка;
7 – подшипник качения; 8 – сальниковый уплотнитель; 9 – цилиндрическая труба;
10 – источник теплоты; 11-12 – труба; 13 – ведомый шкив; 14 – электродвигатель;
15 – клиноремная передача; 16 – пульт управления; 17 – реле времени

Рисунок 3 — Биологический реактор

«Универсальная модель пригодна для сельского хозяйства, особенно в сфере биогазовых установок, и может быть применена для конвертации отходов птицеводства и животноводства в аграрных и крестьянских хозяйствах. Задачей полезной модели является снижение энергоемкости процесса, увеличение объема выхода биогаза и ускорение подъема и выхода пузырьков биогаза путем повышения равномерности теплопередачи и перемешивания, за счет перемещения биомассы в горизонтальной и вертикальной плоскостях биологического реактора» [20, 21].

Для получения эффекта используется биореактор, который представляет собой герметично закрытый корпус с изоляцией от теплоты, оснащенный крышкой для доступа, вентилями для подачи и сброса биомассы, а также для удаления биогаза. Внутри реактора размещен теплообменный аппарат-мешалка с лопастями, расположенными под определенным углом, и механизм для его возбуждения.

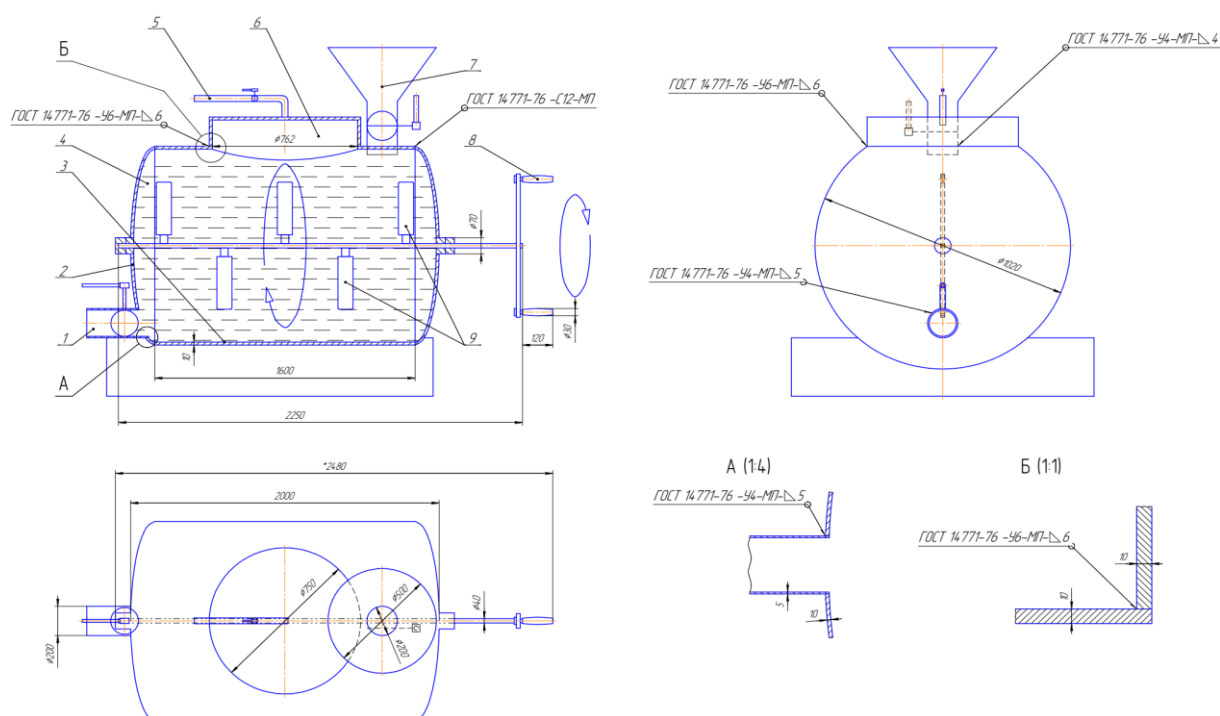
Основная идея представленной инновационной концепции заключается в следующем.

Этот инновационный элемент представляет собой теплообменник-мешалку, который создан в форме вертикального вала из трубок с четырьмя лопастями. Особенностью его конструкции является то, что верхние и нижние лопасти наклонены в сторону относительно друг друга на угол 25-35 градусов, в то время как боковые лопасти наклонены на 25-35 градусов относительно горизонтальной поверхности биологического реактора. Верхние и нижние лопасти соединены посредством промежуточных лопаток, выполненных в форме прямоугольных трубок, что создает цельную внутреннюю полость.

После тщательного изучения структурирования биологического реактора можно прийти к заключению, что для создания корпуса биогазовой установки можно индивидуальная биогазовая установка (ИБГУ-1) из-за ряд преимуществ.

1.2 Описание предлагаемого биологического реактора

На рисунке 4 представлена готовая к эксплуатации биогазовая станция. Это оборудование предназначено для выработки биогаза и органического удобрения через процесс анаэробного разложения биомассы, который происходит без участия кислорода. Используемые в качестве сырья отходы, вырабатываемые в сельском хозяйстве и пищевой отрасли, подвергаются обработке благодаря активности метаногенных бактерий, которые производят биогаз в результате своей жизнедеятельности.



- 1 – выходная труба для биоудобрения; 2 – боковая часть корпуса биогазовой установки; 3 – обечайка корпуса биогазовой установки; 4 – биомасса; 5 – выходная труба для биогаза; 6 – горловина для накопления биогаза; 7 – воронка для загрузки отходов животноводства; 8 – ручка мешалки; 9 – лопатки для перемешивания содержимого.

Рисунок 4 — Установка для получения биогаза

Биогазовая установка — Это сварное устройство, разработанное для обработки отходов животноводства. В его создании используется листовой

материал толщиной 10 мм и трубка диаметром 5 мм, изготовленные из марки стали. 03X17H14M3. Размеры биологического реактора 1000×2000 мм.

Установка состоит из: выходной трубы для биоудобрения 1, которая предназначена для вывода удобрения, полученного в результате биологического процесса; боковой части корпуса биогазовой установки 2 и обечайки корпуса 3, где происходит основной процесс биологического разложения биомассы 4 с целью получения удобрения и биогаза.

В горловине для накопления биогаза 6 собирается и накапливается биогаз, который образуется в результате биологического разложения биомассы.

Выходная труба для биогаза 5 предназначена для вывода собранного биогаза для его последующего использования.

Воронка для загрузки отходов животноводства 7 используется для загрузки начальной биомассы в установку.

Ручка мешалки 8 предназначена для перемешивания содержимого в установке, что способствует более равномерному биологическому процессу.

Лопатки для перемешивания содержимого 9 служат для интенсивного перемешивания биомассы в процессе биологического разложения.

Эти элементы работают в совокупности для обеспечения эффективного процесса биологического разложения биомассы с целью получения удобрения и биогаза.

1.3 Свойства материала биологического реактора

«Сталь 03X17H14M3 обладает хорошей свариваемостью при всех видах рутой и автоматической сварки. При ручной электродуговой сварке применяют электроды марки ОЗЛ-20 с проволокой из стали 03X17H14M3 (ЭП551). При автоматической сварке под флюсом или в среде защитного газа используют проволоку той же марки. При этом прочность и коррозионная

стойкость сварных соединений не ниже прочности и коррозионной стойкости основного металла. Сварные соединения стали в среде синтеза карбамида имеют скорость коррозии 0,041-0,11 мм/год, стойки к межкристаллитной коррозии и не подвержены ножевой коррозии» [31]. «Сталь 03X17H14M3 применяется: для изготовления листового проката (6-20 мм); сварные конструкции, работающие в средах повышенной агрессивности при температурах до -196 °С» [39].

Химический состав стали приведён в таблице 1, а физические и механические свойства стали — в таблицах 2, 3.

Таблица 1 — «Химический состав стали 03X17H14M3, %» [11]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo
до 0,03	до 0,4	1-2	13-15	до 0,02	до 0,035	16-18	2,5-3,1

Таблица 2 — «Физические свойства стали 03X17H14M3» [11]

T	$E \cdot 10^{-5}$	$\alpha \cdot 10^6$	λ	ρ	C	$R \cdot 10^9$
Градус	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	-	-	-	8000	-	-

Таблица 3 — «Механические свойства при T=20 °С стали 03X17H14M3» [11]

Сортамент	σ_b	σ_T	δ_5	Ψ	Термообр.
-	МПа	МПа	%	%	-
Пруток, ГОСТ 5949-75	490	196	40	-	Закалка 1070-1100°С, Охлаждение вода
Поковки, ГОСТ 25054-81	470	176	35-40	45-55	-
Лист толстый, ГОСТ 7350-77	490	196	40	-	Закалка 1070-1100°С, Охлаждение вода
Лист тонкий, ГОСТ 5582-75	490	196	40	-	Закалка 1030-1070°С, воздух

«Сталь 03X17H14M3 часто используется в таких отраслях, где требуется высокая коррозионная стойкость. Она широко применяется в химической промышленности, нефтехимической отрасли, нефтегазовой промышленности,

морском судостроении, пищевой и фармацевтической промышленности. Благодаря своим свойствам, сталь 03X17H14M3 является надежным материалом для производства емкостей, трубопроводов, оборудования, используемого в этих отраслях» [29].

1.4 Анализ возможных способов сварки реактора по производству биологических газов

В выпускной квалификационной работе приведён анализ возможных способов сварки корпуса биологического реактора.

Рассмотрим аргонодуговую сварку (рисунок 5). «Плавление свариваемых деталей и присадочного материала происходит за счет высокой температуры, создаваемой электрической дуги. Сущность процесса аргонодуговой сварки состоит из защиты свариваемой кромки металла от окислительных процессов. Аргон подается в зону сварки через сопло горелки. Он выдувает своим давлением воздух вокруг электрода, таким образом, защищая (изолируя) оплавливаемый металл свариваемых изделий. Если в зону сварки не подавать инертные газы, то при выделении углерода сварочный шов становится пористым и прерывистым. Аргон сам по себе нейтрален и не вступает в химические реакции даже при высоких температурах плавления металла. Поскольку этот газ тяжелее воздуха, то он выдавливает его из сварочной ванны» [30]. «Аргон-не единственный защитный газ, используемый в промышленности, но, благодаря своим свойствам, он, безусловно, является наиболее широко используемым вариантом» [25].

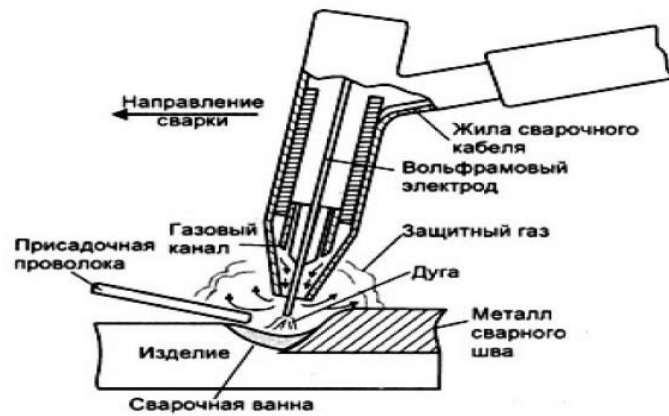


Рисунок 5 – Эскиз аргодуговой сварки

«Данный метод особенно эффективен при сварке деталей с тонкими стенками, изделий с разной толщиной стенок, а также для сваривания материалов, которые традиционно считаются трудносвариваемыми. Аргодуговая сварка подходит для работы с различными видами стали, включая коррозионностойкие. Каждый шов, полученный сваркой, обладает уникальными свойствами, которые зависят от использованной технологии сварки, материалов, соединяемых между собой, а также условий процесса. Разные отрасли могут ценить разные характеристики сварного соединения» [12].

Этот способ отличается высоким качеством сварного соединения, минимальным брызгам, тонкой настройкой параметров шва, а также минимальной деформацией шва.

Однако этот способ имеет высокую стоимость оборудования и материалов, подходит не для всех материалов, требует опыта и навыков, а также имеет повышенное ультрафиолетовое излучение.

Следовательно, применение аргодуговой сварки для соединения элементов корпуса биогазовой установки не является целесообразным. Рассмотрим механизированную сварку с самозащитой порошковой проволокой (рисунок 6).

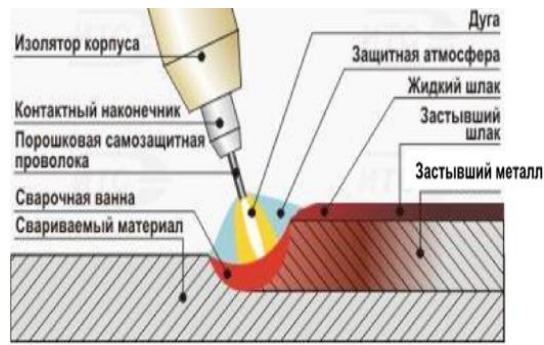


Рисунок 6 – Эскиз механизированной сварки с порошковой проволокой

«Известно, что порошковая проволока представляет собой металлическую трубку, заполненную порошкообразным наполнителем - смесью минералов, руд, химикатов, обеспечивающей стабилизацию дугового разряда, защиту металла от переноса электродного металла, формирование шва и др.» [10, 32, 33].

«Однако этот способ способствует экономии электроэнергии, усиливает устойчивость сварных соединений к появлению горячих и холодных трещин, а также улучшает эксплуатационные качества сварных швов благодаря их нормализации и зонам сплавления. Сокращение трудозатрат на основные и дополнительные операции приводит к улучшению условий труда сотрудников и позволяет достичь значительного экономического результата» [34].

Однако этот способ имеет не которые недостатки, такие как наличие шлака на сварной ванне, высокие начальные затраты, высокое количество выбросов и дыма. Следовательно, при изготовлении корпуса биологического реактора рекомендуется избегать применения механизированной сварки с использованием самозащитного порошкового проволоки.

«При механизированном способе сварки в качестве наплавляемого металла используется сварочная проволока, которая в отличие от электрода не имеет покрытия, за счет которого обеспечивается защита сварочной ванны от пагубного воздействия атмосферы. Недостатками способа ручной электродуговой сварки штучным электродом являются: малая производительность и низкое качество сварного соединения. Защитная

газовая среда определяется в зависимости от категории сварного соединения и от вида свариваемых металлических поверхностей. Не менее важным обстоятельством отбора защитного газа служит его стоимость и доступность. В настоящее время, исходя из соображений экономической эффективности доминирующую часть рынка защитного газа, для механизированной сварки плавящимся электродом, занимает диоксид углерода (CO₂)»[22].

Рассмотрим ручную дуговую сварку покрытыми электродами. «Источником тепловой энергии в ней служит электрическая дуга, горящая между покрытым металлическим электродом и свариваемым металлом (рисунок 7). Под действием теплоты дуги происходит совместное плавление металла и электрода с формированием сварочной ванны. При расплавлении и разложении находящегося на электродном стержне покрытия образуются газы и жидкий шлак, обеспечивающие сварочной ванне и стекающим в нее каплям электродного металла необходимую защиту от воздуха и металлургическую обработку. Последующее затвердевание (кристаллизация) сварочной ванны при правильно подобранной технологии сварки завершает получение сварных соединений с заданными свойствами» [6]. «Традиционно сварочная цепь состоит из нескольких основных компонентов: источник питания, сварочного кабеля и заземляющего кабеля, а также зажима и специального электродержателя» [24]. «Ручной дуговой сваркой покрытыми электродами (РД) по-прежнему выполняется большой объем работ, как при ремонте стальных конструкций, так и при их производстве. Значительная часть сварочных работ этим способом выполняется на ответственных конструкциях. При РД наибольшую сложность представляет сварка на весу корневого слоя шва стыковых соединений с разделкой кромок» [25].

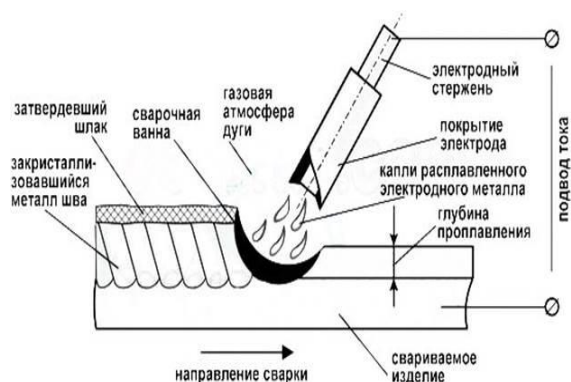


Рисунок 7 – Эскиз ручной дуговой сварки покрытым электродом

Эта методика выделяется легкостью применения, недороговизной сварочного аппарата и возможностью его эксплуатации в различных положениях, а также обеспечивает высокую степень перемещённости.

Тем не менее, данный метод обладает недостаточно высокой эффективностью, сильно подвержен влиянию человеческих ошибок и сопряжен с нежелательными условиями во время процесса сварки, трудно контролировать глубину проплавления, не подходит для тонких материалов, а также высокий уровень вредных выбросов.

Следовательно, для сварки корпуса биологического ручную дуговую сварку покрытым электродом использовать нежелательно.

«Для получения при механизированной сварке высококачественных соединений необходимо защита зоны дуги и расплавленного металла от вредного воздействия воздуха, а в ряде случаев также легирование и металлургическая обработка металла шва. При сварке в защитных газах для защиты зоны дуги и расплавленного металла используют газ, подаваемый струей при помощи горелки; иногда сварку выполняют в камерах, заполненных газом» [17, 19].

«В качестве защитных газов используют инертные газы (аргон, гелий и их смеси), не взаимодействующие с металлом при сварке, и активные газы (углекислый газ, водород, и др.), взаимодействующие с металлом, а также их

смеси. Род защитного газа определяет физические, металлургические и технологические характеристики способа сварки. Защитный газ выбирают в зависимости от рода свариваемых материалов, технологических задач, требований, предъявляемых к сварным соединениям, и других условий» [17]. Род защитного газа обычно принимают за основу названия способа сварки, например, «сварка в аргоне» [17].

«Современное машиностроительное производство трудно представить без повсеместного применения механизированной сварки в защитной газовой среде. Отечественный и иностранный опыт показывает, что при сварке углеродистых и конструкционных сталей в качестве защитной среды активно используется углекислый газ и аргон. Однако в последние десятилетия широкое применение находит механизированная сварка в смеси инертных и активных газов. Проведенный обзор защитных газов и газовых смесей, применяемых для сварки плавящимся электродом выявил, что использование газовой смеси ($Ar + CO_2$) является наиболее целесообразным – с точки зрения повышения качества процесса дуговой сварки, а также наиболее оправданным - с точки зрения экономических затрат» [22]. «При высоких плотностях тока в электроде, происходит устойчивое горение дуги (100 A/mm^2 и выше) при нарастающей вольтамперной статической характеристике. Геометрические параметры сварного шва (глубина проплавления и ширина) зависят от постоянства длины дуги, которая поддерживается за счет процесса саморегулирования дуги при том, что скорость подачи электродной проволоки остается постоянной» [13].

Рассмотрим механизированную сварку плавящимся электродом в смеси защитных газов «это специфический метод сварки металлов, при котором металл, расплавленный теплом электрической дуги, изолируется от окисляющей его атмосферы (рисунок 8).

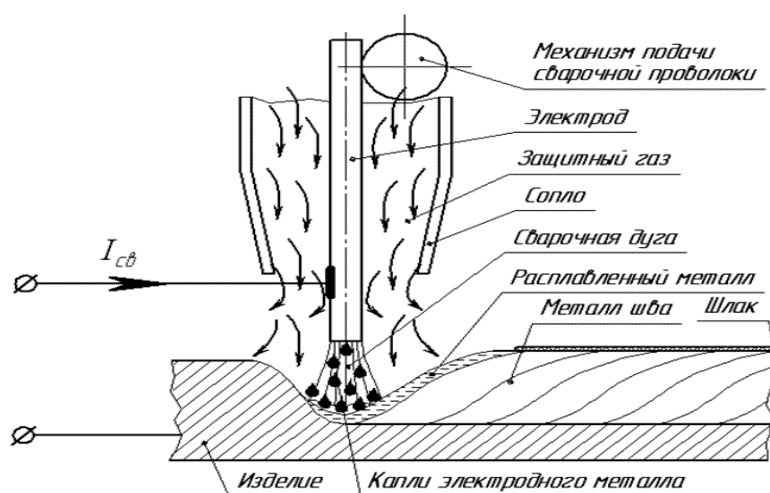


Рисунок 8 – Эскиз механизированной сварки в среде смеси защитных газов

Это значительно улучшает качество сварного шва и прочность соединения» [26]. «Кромки свариваемого изделия расплавляются дугой, горячей между изделием и плавящейся электродной проволокой, непрерывно поступающей в дугу и служащей одновременно присадочным материалом. Дуга расплавляет проволоку и кромки изделия, образуя сварочную ванну. Дуга металл сварочной ванны, плавящийся электрод и кристаллизирующийся шов защищены от воздействия воздуха газом, подаваемым в зону сварки горелкой. По мере перемещения дуги сварочная ванна кристаллизуется, образуя сварной шов» [2, 14].

Данный метод имеет «высокую производительность процесса за счет легкости автоматизации и механизации сварочных работ» [5]. Отличается высоким качеством сварки, минимизацией воздействия человеческого фактора, более легкая реализация автоматизированных сварочных процессов, улучшенной безопасностью от опасностей, связанных с воздействием сварочной дуги, искрами и выбросами горячего металла, а также более устойчивой сваркой.

Однако этот способ имеет высокую стоимость расходных материалов, высокие затраты на газы, ограниченность применения, влияние внешних

факторов таких как ветер или изменения влажности, что может повлиять на качество сварки, а также сложность оборудования и его настройки.

Исходя из рассмотрения достоинств и недостатков различных методов, в качестве оптимального подхода для изготовления корпуса биологического реактора выбран процесс механизированной сварки с использованием электродов, плавящихся в среде смеси защитных газов (75% аргона и 25% углекислого газа). Продолжение исследований будет сосредоточено на улучшении эффективности процесса.

В рамках выпускной квалификационной работы поставлены следующие задачи: создание технологического процесса сборки и сварки корпуса биологического реактора; выбор и разработка соответствующего оборудования; проведение анализа экологических аспектов предлагаемых технологических решений с целью анализа безопасности новых технологий для экологии; создание экономического анализа, подтверждающего эффективность интеграции предложенных технических инноваций в производственные циклы.

2 Разработка технологического процесса сборки и сварки реактора по производству биологических газов

2.1 Разметка труб

Начальный этап создания технологического процесса для сборки и сварки корпуса биореактора заключается в точной разметке труб. Эта операция проводится с использованием линейки, чертилки и специальной ленты для разметки. Она обеспечивает точность до ± 1 мм на метр, что и показано на рисунке 9.



Рисунок 9 – Разметка труб

2.2 Резка труб

Затем производится процесс резания труб, применяется оборудование Promtech PPCM-1250, которое обеспечивает точность отклонения по длине в пределах ± 1 мм на метр (см. рисунок 10). Этот инструмент оснащен рядом режимов: скорость продольного перемещения 10 м/мин и мощность 7,5 кВт.

Для биореактора требуется отрезать пять патрубков: один — корпус 3 диаметром 1020 мм и длиной 1600 мм; второй – выходная труба для биоудобрения 1 диаметром 200 мм и длиной 200 мм; третий – горловина для

накопления биогаза 6 диаметром 762 мм и длиной 150 мм; четвертый – выходную трубу для биогаза 5 диаметром 20 мм; пятый – труба 7 диаметром 200 мм с воронкой для загрузки отходов животноводства.



Рисунок 10 – Резка трубы

2.3 Сборка и сварка обечайки с доньшками

Затем выполняется операция сборки и сварка обечайки с доньшками, для которой используется сварочный аппарат Ресанта САИПА-250, сварочная маска Ресанта МС-6 65/60, а также сварочная проволока Св04Х19Н9 (ER308Lsi) с диаметром 1 мм движется со скоростью в 250 метров в час. Расход газовой смеси, состоящей из аргона в 75% и углекислого газа в 25%, колеблется между 17 и 19 литрами в минуту (см. рисунок 11). Разброс зазора должен быть в пределах от 2 мм в обе стороны, а изменение тока не должно превышать 10%. Соединение боковой части корпуса с доньшками производится с помощью прихваток, не менее 4 штук. Длина прихваток составляет 200 мм.

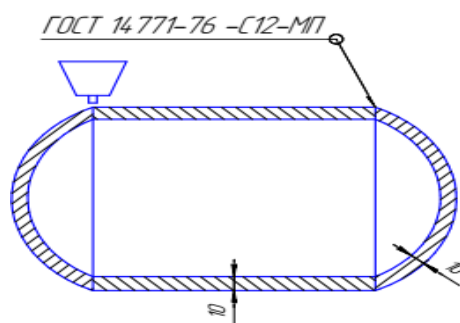


Рисунок 11 – Сборка и сварка обечайки с доньями

2.4 Сборка и сварка корпуса биореактора с патрубками

Далее выполняется операция сборка и сварка корпуса биореактора с патрубками, для которой используется сварочный аппарат Ресанта САИПА-250, сварочная маска Ресанта МС-6 65/60, а также сварочная проволока Св04Х19Н9 (ER308Lsi) с диаметром в один миллиметр, движущаяся со скоростью 250 метров в час, требует газовой смеси из аргона в 75% и углекислого газа в 25%, с расходом в пределах 17-19 литров в минуту (см. рисунок 11). Рекомендуется поддерживать зазор в пределах отклонения ± 2 мм и ток в пределах отклонения не более 10%. Сборка и сварка производится с помощью прихваток: по две прихватки для труб малого диаметра и четыре — для труб большого диаметра).

«Основные параметры режима сварки являются сила тока, напряжение дуги, скорость сварки, диаметр и скорость подачи электродной проволоки, расход защитного газа. Скорость сварки в основном 15–80 м/ч, ее устанавливают с учётом качества формирования шва и производительности. Выбор режимов сварки в основном производится по данным экспериментов, которые сводятся в таблицы. Для лучшего формирования шва сварку ведут на остающейся подкладке из основного металла или на медной подкладке с формирующей канавкой. Проволоку диаметром 0,5–1,2 мм используют для сварки тонколистового металла.» [24, 26].

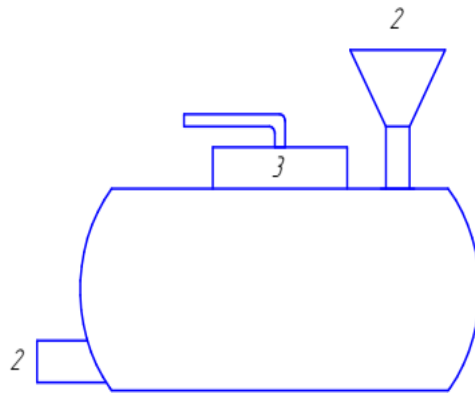


Рисунок 12 – Сборка и сварка корпуса биореактора с патрубками

2.5 Контроль качества

В заключительной стадии производства проводится процедура оценки качества, применяется для этого универсальный шаблон сварщика, лупа STAYER STANDART карманная складная 10 кратное увеличение (рисунок 13). Каждый сварочный шов обязан пройти тщательную проверку, включая полный визуальный осмотр и измерения. Трещины категорически запрещены, а чешуйчатость должна быть ограничена допустимым пределом в 2 мм.



Рисунок 13 – Контроль качества

При контроле качества внутренних дефектов биогазовой установки после сварки применяют ультразвуковой контроль, который использует высокочастотные звуковые волны для обнаружения дефектов внутри сварных соединений, таких как трещины, включения, пустоты и другие неоднородности.

3 Выбор и разработка оборудования и приспособлений для сборки и сварки реактора по производству биологических газов

3.1 Машина для фигурной резки труб Promotech PPCM-1250

«PPCM 1250 разработана для выполнения прямых разрезов, форменных разрезов и отверстий в трубах из углеродистой стали. Трубы могут иметь диаметр 90-1250 мм, длину до 12 м и вес до 10000 кг» [15].



Рисунок 14 — Машина для фигурной резки труб Promotech PPCM-1250

«Преимущества:

- Удобное программное обеспечение, включающее библиотеку макросов для большинства типичных форм резки;
- 3D профилирование;
- Автоматическая компенсация скорости резания в зависимости от толщины материала, угла резания и направления резания для достижения наилучшего качества резания;

- Простой в использовании сенсорный экран с адаптированным под пользователя программным обеспечением;
- Сверхпрочная жесткая конструкция;
- Высокий показатель работоспособности;
- Легкий доступ к газовым клапанам;
- Система удаления дыма через шпиндель (опция);
- Максимальная безопасность, благодаря интегрированной системе безопасности» [15].

Технические параметры устройства включают в себя следующее: 1) Диапазон внешнего диаметра исходного материала колеблется от 90 до 1250 мм; 2) Минимальная длина трубы, подлежащей резке при угле 0° , включая длину зажимного устройства, составляет 600 мм; 3) Поддерживающая конструкция трубы (с возможностью настройки высоты) обладает рабочим пределом нагрузки в 3,5 тонны на каждую опору; 4) Максимальная скорость продольного перемещения достигает 10 метров в минуту; 5) Максимальный угол наклона факела может изменяться в пределах от $+45^\circ$ до -45° ; 6) Мощность, требуемая для эксплуатации, составляет 7,5 В.

3.2 Источник питания и подающий механизм

«Сварочный полуавтомат Ресанта САИПА-250 MIG/MAG представляет собой агрегат профессионального класса. Оснащен функцией воздушного охлаждения. Аппарат используется для ручной дуговой сварки, а также сварки MIG и MAG. Отличительной особенностью рассматриваемого вида сварки являются два главных компонента: подвижный плавящийся электрод (проволока) и защитный газ.

Аппарат работает от трехфазной сети 380 В с частотой 50 Гц. Предназначен для промышленного и профессионального использования, на

предприятиях, где требуется хорошее качество и высокая мощность, производительность» [27].



Рисунок 15 — Сварочный полуавтомат Ресанта САИПА-250 MIG/MAG

«Трёхфазный сварочный полуавтомат Ресанта САИПА-250 позволяет проводить сварочные работы с применением ручной электродуговой сварки в защитной газовой среде. Сварочный аппарат обеспечивает сварку, как чёрных, так и цветных металлов. Рабочее напряжение модели Ресанта САИПА-250 составляет $380\text{В} \pm 5\%$. Потребляемая мощность – 9.6 кВт. Потребляемый ток – 14.5А. КПД – 80%.

Аппарат относится к категории полуавтоматических. В нём подача проволоки осуществляется в автоматическом режиме. Он может работать со сварочной проволокой различного диаметра – от 0.6 мм до 1.2 мм и с электродами от 1.5 мм до 5.0 мм. В этом аппарате реализовано много полезных функций и режимов, а именно: MIG, MAG, MMA, сварка алюминия. Имеются эффективные системы защиты от перегрева и низкого напряжения сети. Длина горелки и кабеля заземления – 3 м. Аппарат получил класс изоляции S и защиту от пыли и капель воды IP21. Сварочник может работать при

температуре окружающего воздуха от -20 °С до +50 °С. Для переноски на корпусе предусмотрена удобная ручка. Вес сварочного аппарата – 35.44 кг» [28].

Таблица 4 — Технические характеристики сварочного аппарата Ресанта САИПА-250

Напряжение сети	220 В
Сварочный ток	14-250 А
Диаметр проволоки	0,6-1,2 мм
Напряжение холостого хода	53 В
Скорость подачи проволоки	250 м/ч
Габариты	520x280x550 мм

Важными характеристиками являются следующее: Этот аппарат разработан для механизированной сварки, что существенно облегчает и ускоряет процесс. Интуитивно понятный интерфейс и простой настройка оборудования делают сварку доступной даже для начинающих. Применение высококачественных материалов и деталей обеспечивает долговечность этого сварочного инструмента. Пользователь может легко регулировать ток, скорость подачи проволоки и другие параметры для достижения идеального качества сварных швов. Мощный двигатель и эффективная система охлаждения обеспечивают высокую производительность этого сварочного инструмента при обработке значительного объема работы. Интегрированные защитные функции обеспечивают безопасное использование оборудования даже при длительной работе. Этот сварочный аппарат способен работать с широким диапазоном металлов, включая сталь, алюминий и другие.

4 Безопасность и экологичность технического объекта

4.1 Конструктивно-технологические и организационно-технические характеристики сборки и сварки реактора по производству биологических газов

Тема выпускной бакалаврской работы: Технологический процесс и оборудование для корпуса реактора по производству биологических газов. Производственный участок, где изготавливаются биологические реакторы для биогазогенерации, включает в себя рабочую станцию для мероприятий по разметке, оборудование для точного разрезания, а также сварочный комплекс и хранилище для готовой продукции (рисунок 16).

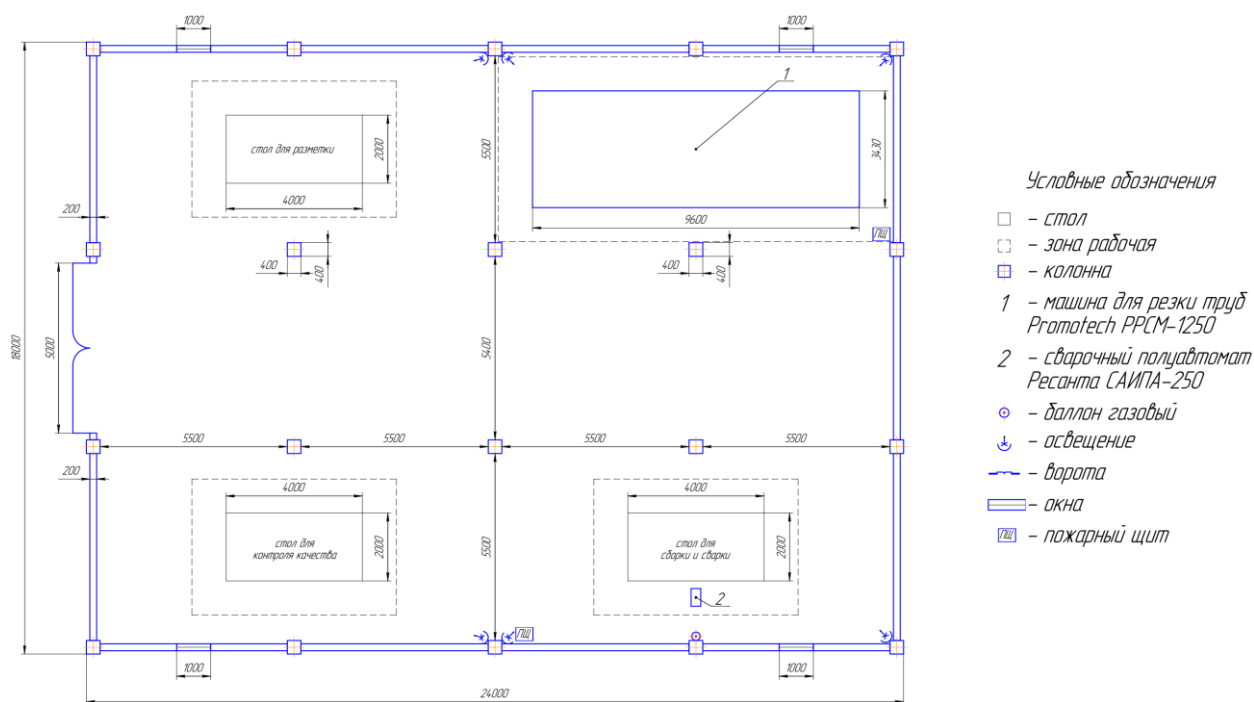


Рисунок 16 — Планировка участка для сборки и сварки корпуса биогазовой установки

В производственных процессах существует вероятность проявления опасных и вредных факторов. Таким образом, процесс подразумевает под

собой наличие приборов под напряжением, колющий режущий и инструмент, наличие вредных паров и прочее.

Для технологических процессов, описанных в данной бакалаврской работе, определим перечень опасных и вредных производственных факторов

Таблица 4 – Технологический паспорт изготовления корпуса реактора по производству биологических газов

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, техническое устройство, приспособление	Материалы, вещества
Технологический процесс и оборудование для изготовления корпуса биореактора по производству биологических газов	Резка трубы	Слесарь-сборщик	Машина Promtech PPCM-1250	Рукавицы
Технологический процесс и оборудование для изготовления корпуса биореактора по производству биологических газов	Сварка	Электросварщик	Сварочный аппарат Ресанта САИПА-250	Сварочная проволока, смесь газов, рукавицы, маска защитная

4.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5 –Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и или вредный производственный фактор	Источник опасного и или вредного производственного фактора
Резка труб	<p>Остроты, угловатость и неровности на поверхностях материалов, инструментах и оборудовании;</p> <p>Быстрые моторы и механизмы, перемещающиеся компоненты производственных устройств;</p> <p>Высокий уровень пыли и газов в атмосфере рабочего пространства;</p> <p>Сильное напряжение в электрической сети, которое может вызвать вероятность прохождения электрического тока через человеческое тело.</p>	Машина Promtech PPCM-1250
Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - Во время работы возникают вспышки и брызги расплавленного металла, что может быть опасно. - Также на рабочем месте наблюдается повышенное количество пыли и газов в воздухе. - Необходимо быть осторожным с электрическим напряжением, так как оно может вызвать проход тока через человеческое тело. - Высокие температуры могут иметь опасные и вредные последствия для окружающих объектов, вплоть до возникновения ожогов. - Кроме того, в процессе работы возникает излучение инфракрасного и ультрафиолетового спектра, что также является потенциально опасным. 	<ul style="list-style-type: none"> - источник питания; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия - прихватки

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 6 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный и или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства защиты, частичного снижения, полного устранения опасного и или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Острые контуры, угловатость и неровные участки на поверхностях различных материалов, инструментов и технических устройств;	Организация размещения информационных материалов и вывесок на прописанных территориях; проведение обучающих семинаров для персонала по нормам безопасности.	Защитный кожух, спецодежда
Машины и механизмы в процессе движения, а также мобильные элементы производственной аппаратуры;	Применение защитных элементов способствует защите работников и исключает возможность их попадания в зоны, представляющие риск. Также, размещение информационных материалов и указателей на оговоренных участках обеспечивает доступ к важной информации и направляет сотрудников в нужное направление.	Спецодежда
В атмосфере рабочего пространства наблюдается повышенное количество пыли и газообразных веществ;	Применение устройств для очищения воздуха на месте и внедрение систем централизованной вентиляции в офисной зоне для гарантирования поступления чистого воздуха из окружающей среды.	Вытяжная вентиляция
Избыточное напряжение в электрической схеме, которое может стать причиной риска прохождения электрического тока через организм человека.	Организация мер по обеспечению безопасности включает в себя установку защитного заземления, систематические беседы по вопросам безопасности, регулярное тестирование изоляционных свойств и мониторинг сопротивления заземляющей схемы.	Спецодежда

4.4 Обеспечение пожарной безопасности

Планирование деятельности направлено на гарантирование безопасности персонала и обеспечение защиты ресурсов организации от угрозы огня. Необходимо выполнить оценку рисков пожара и создать унифицированные процедуры и методы для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров, возможный пожар на данном объекте может быть отнесен к категории «Е» — возгорание проводящих материалов под напряжением. Анализ рисков такого типа пожара, представленный в таблице 7, станет основой для формирования технических предписаний, изложенных в таблице 8. Предложенные технические меры должны быть эффективными в предотвращении рисков, связанных с возможностью возгорания. Эти меры должны соответствовать действующим нормативам и учитывать особенности технологического процесса на данном объекте.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара»
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка корпуса реактора по производству биологических газов	Станок для резки, источник питания сварочной дуги, сварочный аппарат	«Пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)»	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него»	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения»

Таблица 8 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий согласно таблице 9

Таблица 9 – «Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»

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
Зона производственного процесса, где осуществляется создание конструкции реактора для генерации биологических газов, включает механизированную сварку с использованием плавящегося электрода в атмосфере защитного газового смеси	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

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 10 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 11 .

Таблица 10 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

«Наименование технического объекта, производственного-технологического процесса»	«Структурные составляющие технического объекта, производственного-технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологических операций, технического оборудования), энергетической установки, транспортного средства и т.п.»	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу (выбросы в воздушную окружающую среду)»	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)»	«Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра, образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)»
Технология сварки сплавным электродом и газовой защитой на заводе осуществляется монтаж и сварка элементов конструкции реактора.	Технология разделения компонентов, метод резки, метод соединения элементов, метод сварного соединения, метод контроля качества.	«Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [9].	Нет потребности в этом	«Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [9].

Таблица 11 – «Разработанные (дополнительные и/или альтернативные) организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду»

Наименование технического объекта»	Сварка
Программы по уменьшению отрицательного влияния человеческой деятельности на атмосферу Земли.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [4].
Организация мероприятий по уменьшению отрицательного влияния человеческой деятельности на водные ресурсы.	Контроль за текущей герметичностью гидравлического оборудования или кантовщика, а также быстрое устранение выявленных утечек.
Программы по уменьшению негативного влияния человеческой деятельности на земную кору.	На территории завода необходимо организовать размещение особых контейнеров для сборки отходов. В процессе проведения повторных учебных сессий необходимо подробно рассказать о том, что обязательное правило – заносить в эти контейнеры все отходы, связанные с производственной деятельностью.

4.6 Заключение разделу «Безопасность и экологичность технического объекта» выпускной квалификационной работы бакалавра

В данной бакалаврской работе занимались изучением и оценкой потенциально негативных производственных и экологических аспектов, которые могут возникнуть в процессе применения разработанной технологии для монтажа и сварки корпуса биореактора, применяемого в производстве биогазов. В ходе анализа методов монтажа и сварки биореакторного корпуса с использованием механизированной сварки, в которой применяется смесь защитных газов и электродная проволока, были выявлены факторы,

представляющие опасность для здоровья работников. В ответ на эти выявленные факторы были разработаны стандартные меры и методики, которые способны либо полностью исключить риск, либо минимизировать его влияние на работников до приемлемого уровня.

Кроме того, был создан план противопожарной безопасности, направленный на защиту персонала и имущества компании от пожаров. В рамках этого плана были выделены риски, связанные с возможностью возгорания, и предложены соответствующие стандартные методы и устройства для их предотвращения.

Анализируя экологические аспекты предлагаемой технологической схемы, было установлено, что ее внедрение в производственный процесс не приведет к ухудшению экологической обстановки, включая воздух, водные ресурсы и землю. В рамках данной главы представлены рекомендации по уменьшению негативной экологической нагрузки.

Все предлагаемые меры в данном разделе направлены на минимизацию влияния неблагоприятных экологических факторов.

5 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

5.1 Исходная информация для выполнения экономических расчетов

В ходе выполнения бакалаврской работы была создана методика изготовления корпуса аппарата для получения биологических газов, где в качестве основного материала выступила труба из стали 03X17H14M3. Процесс сварки осуществлялся с использованием механизированной сварки плавящимся электродом в газовой смеси.

В начальном варианте проекта предполагалась ручная сварка с использованием покрытых электродов, но этот метод имеет ограниченную скорость сварки.

Проектная версия, которая была утверждена, предполагает использование механизированной сварки плавящимся электродом в газовой смеси, что позволяет значительно увеличить производительность и повысить качество изделия.

Таблица 12 – «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	200	250
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12

Продолжение таблицы 12

«Наименование экономического показателя	Условное обозначение в расчетах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология» [4]
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	Кд	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Норма амортизации оборудования	На	%	21,5	21,5
Норма амортизации площади	На.пл.	%	5	5
Площадь под оборудование	S	м2	432	432
Цена производственных площадей	Цпл	руб/м2	30000	30000
Стоимость эксплуатации площадей	Сзксп	(руб/м2)/го д	2000	2000
Коэффициент транспортно- заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5
Стоимость оборудования	Цоб	руб.	40000	70000
Коэффициент дополнительной производственной площади	Кпл	-	3	3
Мощность оборудования	Муст	кВт	4,8	4,8
Стоимость электрической энергии	Цэ-э	руб/ кВт	6,74	6,74
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,7	0,85
Коэффициент эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов»[7]	Кзав	-	1,15	1,15

5.2 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]:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см}. \quad (1)$$

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

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

« D_n – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [4];

« T_n – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [7];

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

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

$$F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

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

$$F_э = F_n (1 - B/100). \quad (2)$$

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

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

$$F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

5.3 Расчёт штучного времени

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

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

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

« $t_{осн}$ – 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]:

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

где $L_{шв}$ — сумма длин всех швов, м $\sum L_{шв} = 13,3$ м;

$V_{св}$ — скорость сварки (проектируемый вариант), м/ч, $V_{св} = 15$ м/ч;

$V_{св}$ — скорость сварки (базовый вариант), м/ч, $V_{св} = 5$ м/ч.

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

$$t_{оснбаз.} = 13,3/5 = 2,66$$

$$t_{оснпроект.} = 13,3/15 = 0,89$$

« $t_{всп}$ – 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: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{осн}$ » [7];

« $t_{обсл}$ – 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];

« $t_{\text{П-З}}$ – 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: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{ОСН}}$.» [7].

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

$$t_{\text{ит.баз}} = 2,66 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3,21 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{ит.проектн.}} = 0,89 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,07 \text{ ч.}$$

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

$$П_2 = F_3 / t_{\text{ит.}} \quad (5)$$

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

« $t_{\text{шт}}$ – 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]:

$$П_{2.\text{баз.}} = 2054 / 3,21 = 639 \text{ за год};$$

$$П_{2.\text{проектн.}} = 2054 / 1,07 = 1919 \text{ за год}.$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе годовой программы $\Pi_{г} = 2000$ в год» [7].

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

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \Pi_{г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (6)$$

где « $\Pi_{г}$ – 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];

« $F_{э}$ – 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]:

$$n_{расч. б.} = 2,66 \cdot 2000 / (2054 \cdot 1,03) = 2,51;$$

$$n_{расч. пр.} = 0,89 \cdot 2000 / (2054 \cdot 1,03) = 0,84.$$

«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]:

$$K_z = n_{расч}/n_{пр}. \quad (7)$$

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

« $n_{пр}$ – 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]:

$$K_{зб} = 2,51/1 = 2,51;$$

$$K_{зн} = 0,84/1 = 0,84.$$

5.4 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 плавящимся электродом в смеси защитных газов. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей проекта, рассчитывается по формуле» [7]:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{м-з}. \quad (8)$$

где « C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети Интернет» [7];

«Кт-3 – принятое значение коэффициента, определяющего процент затрат на оборудование по затратам на транспорт и подготовку» [7].

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

$$M_{баз.} = 120 \cdot 3 \cdot 1,05 = 378 \text{ руб.};$$

$$M_{проектн.} = 90 \cdot 0,7 \cdot 1,05 + 50 \cdot 0,3 \cdot 9 \cdot 1,05 = 207 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

$$Z_{осн.баз.} = 2,66 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1000 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн.проектн.} = 0,89 \cdot 200 \cdot 1,88 = 334 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$Z_{доп.базов.} = 1000 \cdot 12 / 100 = 120 \text{ руб.};$$

$$Z_{доп.проектн.} = 334 \cdot 12 / 100 = 40 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{базов.} = 1000 + 120 = 1120 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 334 + 40 = 374 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$O_{сн\text{баз.}} = 1120 \cdot 30 / 100 = 336 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{проектн.}} = 374 \cdot 30 / 100 = 112 \text{ руб.}$$

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

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

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

« $P_{э.э.}$ – 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]:

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

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];

« $t_{\text{МАШ}}$ – 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]:

$$A_{\text{об. баз.}} = 40000 \cdot 21,5 \cdot 2,66 / (2054 \cdot 100) = 11,1 \text{ руб.};$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 70000 \cdot 21,5 \cdot 0,89 / (2054 \cdot 100) = 6,5 \text{ руб.}$$

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

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{ээ}} / \text{КПД}. \quad (14)$$

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

« $C_{\text{э-э}}$ – 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]:

$$P_{\text{ээ баз.}} = 4,8 \cdot 2,66 \cdot 6,74 / 0,7 = 122,9 \text{ руб.};$$

$$P_{\text{ээ пр.}} = 4,8 \cdot 0,89 \cdot 6,74 / 0,85 = 33,8 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{об баз.}} = 11,1 + 122,9 = 134 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 6,5 + 33,8 = 40 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}}. \quad (15)$$

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 378 + 1120 + 336 + 134 = 1968 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 207 + 374 + 112 + 40 = 733 \text{ руб.}$$

«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]:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 1968 + 1,5 \cdot 1000 = 1968 + 1500 = 3468 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 733 + 1,5 \cdot 334 = 733 + 45,12 = 501 \text{ руб.}$$

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

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

где « $K_{\text{зав}}$ – 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» [7]:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 3468 + 1,15 \cdot 1000 = 3468 + 1150 = 4618 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 501 + 1,15 \cdot 334 = 501 + 384,1 = 885,1 \text{ руб.}$$

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 13» [7].

Таблица 13 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [7]

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный
«1. Материалы	М	378	207
2. Фонд заработной платы	ФЗП	1120	374
3. Отчисление на соц. нужды	Осн	336	112
4. Затраты на оборудование	Зоб	11,1	6,5
5. Себестоимость технологич.	Стехн.	1968	733
6. Себестоимость цеховая	Сцех.	3468	501
7. Себестоимость заводская» [7]	Сзав	4618	885,1

5.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

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

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

где « K_z – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [7];

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

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

где « $C_{ПЕРВ.}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [7];

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

« H_A – 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]:

$$C_{ОБ.Баз.} = 40000 - (40000 \cdot 4 \cdot 21,5/100) = 5600 \text{ руб.};$$

$$K_{ОБЩ.Баз.} = 1 \cdot 5600 \cdot 2,51 = 14056 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

«Объём $K_{ОБ.ПР}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [7]:

$$K_{об. пр.} = C_{об. пр.} \cdot K_{мз} \cdot K_{зн.} \quad (21)$$

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

$$Ц_{об.пр} = 70000 \cdot 1,05 \cdot 0,84 = 61740 \text{ руб.}$$

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

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

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

« $K_{монт}$ – 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]:

$$K_{дем} = Ц_B \cdot K_{дем}. \quad (23)$$

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]:

$$K_{дем} = 40000 \cdot 0,05 = 2000 \text{ рублей.}$$

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

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_m. \quad (24)$$

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]:

$$K_{монт} = 70000 \cdot 0,05 = 3500 \text{ руб.}$$

$$K_{соп} = 3500 + 2000 = 5500 \text{ руб.}$$

$$K_{общ.пр.} = 61740 + 5500 = 67240 \text{ руб.}$$

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

$$K_{Доп} = K_{ОБЩПР} - K_{ОБЩБ}. \quad (25)$$

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

$$K_{Доп} = 67240 - 14056 = 53184 \text{ рублей.}$$

«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].

$$K_{удБаз} = 14056 / 2000 = 7,028 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн} = 67240 / 2000 = 33,62 \text{ руб./ед.}$$

5.6 Расчёт показателей экономической эффективности

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

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

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

$$\Delta t_{ум} = (2,66 - 0,89) \cdot 100 \% / 2,66 = 198 \%.$$

«Прирост производительности труда $П_{Г}$ при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [7]:

$$П_{Г} = 100 \cdot \Delta t_{ум} / 100 - \Delta t_{ум}. \quad (28)$$

«После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем» [7]:

$$П_{Г} = (100 \cdot 198) / (100 - 198) = 202 \%.$$

«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]:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1968 - 733) \cdot 100\% / 1968 = 62 \%$$

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

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

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

$$Э_{у.г.} = (4618 - 885,1) \cdot 2000 = 746580 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [7]:

$$Ток = К_{доп} / Э_{у.г.} \quad (31)$$

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

$$Ток = 53184 / 746580 = 0,7 \text{ года}$$

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

$$Эг = Э_{у.г.} - Ен \cdot К_{доп.} \quad (32)$$

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

$$Эг = 746580 - 0,33 \cdot 53184 = 729029,28 \text{ руб.}$$

5.7 Вывод по оценке экономической эффективности выпускной квалификационной работы

Предлагается внедрить механизированную сварку с плавящимся электродом в газовой смеси, вместо традиционной ручной дуговой сварки с покрытым электродом. Этот переход обещает увеличение эффективности

работы, сокращение расходов и обеспечение высококачественных сварных соединений с минимумом распыления металла.

Из анализа экономических показателей следует, что внедрение инновационной технологии уменьшит время на изготовление продукции на 198%, а производительность труда возрастет на 202%. Уменьшение дополнительных затрат и рабочего времени приведет к уменьшению стоимости производства на 62%.

Инвестиции в новую технологию обещают ежегодное экономическое улучшение на уровне около 746 580 рублей, что позволит окупить первоначальные вложения всего за 0,7 года. Годовой финансовый результат, включая изначальные инвестиции, оценивается в 729 029,28 рублей.

Исходя из представленных данных, можно утверждать о значительной эффективности предлагаемых мер, которые стоит ввести в производственный процесс. Тем не менее, при внедрении новой проектной техники существуют определенные риски. Среди них могут быть несоответствие качества изделий стандартам заказчика, задержки в выпуске из-за нехватки квалифицированных работников или необходимого оборудования, недостаточное осведомленность персонала о новых технологиях, а также технические неполадки при внедрении инновационных технологий. Для минимизации этих рисков необходимо провести детальный анализ и стратегическое планирование, а также иметь в запасе альтернативные планы в случае возникновения сложностей.

Заключение

Целью данной выпускной квалификационной работы является повышение производительности при сборке и сварке корпуса реактора по производству биологических газов. В исходном варианте применяется ручная дуговая сварка с использованием покрытых электродов, что ограничивает скорость работы. В проектной версии предложено внедрить механизированную сварку с использованием плавящегося электрода в смеси защитных газов.

Исследование конструкций реакторов для производства биологических газов подтвердило их готовность к автоматизации процесса сварки. В процессе исследования различных способов сварки были тщательно изучены такие техники, как ручная сварка с использованием электродов с покрытием, аргонодуговая сварка, а также механизированные методы – сварка порошковыми проводами и сварка в газовой среде. В результате разработки технологического процесса сборки и сварки корпусов реакторов для производства биологических газов было принято решение о замене ручной сварки с электродами с покрытием на механизированную сварку с применением плавящегося электрода в газовой среде. Этот шаг позволит увеличить скорость производственного процесса. Был проведен анализ проектной технологии сварки с учетом потенциально опасных и вредных производственных факторов. Расчетный годовой экономический эффект, учитывая капитальные вложения, оценивается в 729 029,28 рублей, при этом производительность труда увеличивается на 202%. На основе представленных данных можно сделать вывод, что поставленные перед выпускной квалификационной работой цели были успешно достигнуты. Результаты исследования имеют перспективу для практического внедрения в производственный процесс при изготовлении биологического реактора.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Биогазовая установка ИБГУ-1[Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosbiogas.ru/biogazovaja-ustanovka-ibgu1.html> (дата обращения 28.12.2023).
2. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки : учеб. для проф. учеб. заведений / В. С. Виноградов. - Москва : Высш. шк. : Изд. центр "Академия", 1997. - 318 с.
3. Волков В.В., Попова А.А. сравнительные исследования качества сварных соединений стальных резервуаров, выполненных способами автоматической сваркой под слоем флюса и механизированной сваркой в среде защитных газов//ползуновский альманах//. 2022. С. 72-76
4. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с
5. Ельцов В.В. Технология сварки плавлением: электронное учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2019. – 181 с.
6. Жизняков С.Н. Ручная дуговая сварка : Материалы. Оборудование. Технология / С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. - Москва : ЦГТ ИЭС им. Е. О. Патона, 2007. - 359 с.
7. Зубкова Н.В. – к.э.н., доцент. Учебно-методическое пособие по выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов, обучающихся по специальности 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств». Тольятти: ТГУ, 2020. – 123 с.
8. Индивидуальная биогазовая установка, как источник электроэнергии на примере (ИБГУ-1) [Электронный ресурс]. URL: http://89508028706.ru/blog/individual_biogas_plant_as_a_source_of_electricity/index.html (дата обращения 20.10.2023).

9. Козулин М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77
10. Лебедев В.А., Жук Г.В. Анализ энергетических затрат с разными способами подачи порошковой электродной проволоки при механизированной сварке на различной полярности// упрочняющие технологии и покрытия. 2018. С. 443-446.
11. Марочник стали и сплавов [Электронный ресурс]. URL: http://splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=744 (дата обращения 15.10.2024).
12. Максимов В.Д., Круглова О.А., Куц Л.Е. Исследование прочностных характеристик сварных соединений аргонодуговой сваркой молодежь и системная модернизация страны. 2019. С. 300-303
13. Маценко И.А., Ощепков А.А., Мандров Б.И., Посылкин Ю.С., Дронов А.Н. Выбор метода определения скорости подачи проволоки при сварке в защитных газах//ползуновский альманах. 2022. С. 21-26
14. Механизированная дуговая сварка плавящимся электродами в среде защитных газов (MIG/MAG), Юхин Н.А., – М: Союзло, 2008. – 72 с.
15. Машина для фигурной резки труб Promotech PPCM-1250 [Электронный ресурс]. URL: <https://k2tool.ru/catalog/5383-mashina-dlja-figurnoj-rezki-trub-promotech-ppcm-1250> (дата обращения 20.11.20230).
16. Особенности производства биогаза в установках с двойным реактором [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-proizvodstva-biogaza-v-ustanovkah-s-dvoynym-reaktorom?ysclid=1p6a3yaule438783231> (дата обращения 25.11.2023)
17. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М., «Машиностроение», 1974, 240с.
18. Потапьевский А. Г. Сварка в углекислом газе. – М.: Машиностроение, 1984. – 80 с.

19. Потапьевский А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монографии/ А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 208 с
20. ПМ №152918 [Электронный ресурс]. URL: new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=152918 (дата обращения 12.01.2024).
21. ПМ №174157 [Электронный ресурс]. URL: new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=174157 (дата обращения 13.01.2024).
22. Повышение экономической эффективности дуговой сварки углеродистых сталей в защитной среде путем внедрения смеси газов [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30319822> (дата обращения 15.01.2023).
23. Разработка автоматизированной системы диагностики и управления процессом сжигания биогаза [Электронный ресурс]. URL: <https://official.satbayev.university/upload/base/institutes/itt/2017/11/Toigozhinova/Zhirnova/Zhirnova-6D070200-Diser.pdf> (дата обращения 03.02.2024).
24. Сварка и свариваемые материалы: В 3 – х т. Т. 1. Свариваемость материалов: справ. изд./под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Металлургия, 1991 – 528с.
25. Сидоров В.П. О режимах ручной дуговой сварки покрытыми электродами//инновационное и цифровое машиностроение. 2021. С. 321-316.
26. Сварка в смеси активных газов [Аркадий Ефимович Аснис] (djvu) [Электронный ресурс]. URL: <https://coollib.com/b/569770> (дата обращения 07.01.2024).

27. Сварочный аппарат Ресанта САИПА-250 серый [Электронный ресурс]. URL: <https://market.yandex.ru/product--svarochnyi-apparat-invertornogo-tipa-resanta-saipa-250-mma-mig-mag/1780177439/> (дата обращения 20.02.2024).

28. Сварочный полуавтомат Ресанта САИПА-250 MIG/MAG 65/65 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/svarochnyj-poluavtomat-resanta-saipa-250-mig-mag-65-65-1568667/> (дата обращения 25.02.2024).

29. Свойства и особенности госта на нержавеющей сталь 03x17n14m3 [Электронный ресурс]. URL: <https://yourknives.ru/metall/gost-na-perzaveyushhuu-stal-03x17n14m3> (дата обращения 24.02.2024).

30. Сидоров В. П. Расчет точности параметров аргодуговой и контактной сварки : монография / В. П. Сидоров, А. В. Мельзитдинова ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы". - Тольятти : Анна, 2018. - 251 с.

31. Сталь 03X17N14M3 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lasmet.ru/steel/mark.php?s=36&ysclid> (дата обращения 26.10.2023).

32. Томас К.И. Технология сварочного производства: учебное пособие / К.И. Томас, Д.П. Ильященко; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 247 с

33. Щекин В.А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов / В. А. Щекин. - Изд. 2-е, перераб. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2009. - 345 с.

34. Шлепаков В.Н., Гаврилюк Ю.А., Котельчук А.С., Игнатюк В.Н., Косенко П.А., Рохлин О.Н., Топчий А.В. Применение механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой при ремонте металлургического оборудования//автоматическая сварка. 2013. С. 40-47

35. Argon Welding | The Best Gas To Use? [Электронный ресурс]. URL: <https://weldingempire.com/argon-welding/> (дата обращения 15.12.2023).

36. Manual arc welding: classification, application, features [Электронный ресурс]. URL: <https://stuklopechat.com/domashniy-uyut/7788-ruchnaya-dugovaya-svarka-klassifikaciya-primeneniye-osobnosti.html?ysclid=lp6e1cfjtr456349108> (дата обращения 18.12.2023).

37. Steel 03H17N14M3 [Электронный ресурс]. URL: <https://evек.biz/materials/stal-03h17n14m3-zi66.html?ysclid=lp6fkl0bk8340683916> (дата обращения 27.12.2023).

38. Technology and method of welding in a protective gas environment [Электронный ресурс]. URL: <https://kak-svoimi-rukami.com/en/2013/09/svarka-v-zashhitnyx-gazax-technologie-apparat-i-ego-rezhimu-sposoby/> (дата обращения 30.12.2023).

39. The impact and challenges of sustainable biogas implementation: moving towards a bio-based economy [Электронный ресурс]. URL: <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-017-0122-3> (дата обращения 18.02.2024).