МИНИСТЕРТСВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ГОУВПО «ВГТУ»)
Факультет автоматизации и роботизации машиностроения
Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»
Специальность 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема дипломного проекта, дипломной работы:
«Участок сборки и сварки коллектора топливной системы»

Пояснительная записка

Разработал (а) _____ Д. Ю. Ивахно
(Подпись, дата) (Инициалы, фамилия)

Зав. кафедрой _____ В. В. Пешков
(Подпись, дата) (Инициалы, фамилия)

Руководитель _____ А. Б. Булков
(Подпись, дата) (Инициалы, фамилия)

Консультанты: _____ Е. В. Левицкая
(Подпись, дата) (Инициалы, фамилия)

_____
(Подпись, дата) (Инициалы, фамилия)

Нормоконтроль провел _____ В. Ф. Селиванов
(Подпись, дата) (Инициалы, фамилия)

Воронеж 2010

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет автоматизации и роботизации машиностроения
(факультет)

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

Специальность 150202

Студент группы СП-051
(индекс группы)

Ивахно Денис Юрьевич
(фамилия, имя, отчество)

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

1. **Тема дипломного проекта, дипломной работы** Участок сборки и сварки коллектора топливной системы.

Утверждена распоряжением по факультету № 12 от « 19 » января 2010 г.

2. **Технические условия** Режим работы – смена; 5-ти дневная рабочая неделя; продолжительность рабочей смены – 8 часов; годовая программа выпуска – 100 шт.

3. Содержание (разделы, графические работы, расчеты и проч.)

В дипломном проекте должны быть разработаны: технологический процесс сборки и сварки изделия; сборочно-сварочное оборудование применяемое для изготовления изделия; вопросы экономики и организации производства; вопросы техники безопасности; графическая часть: сборочный чертеж сварного изделия – 1 л, сборочно-сварочные приспособления – 2 л, технологический процесс сборки и сварки изделия – 2 л, выбор оборудования – 1 л, термическая обработка – 1 л, контроль качества – 1 л, планировка участка – 1 л, экономические показатели – 1 л.

4. **План выполнения дипломного проекта и дипломной работы**
с « 14 » марта 2010 г по « 31 » мая 2010г.

Название элементов проектной работы	**%**	**Сроки**	**% выполнения проекта**	**Подпись рук., конс.**
Разработка технологического процесса	60	19.03.10	60	
Конструирование сборочно-сварочных приспособлений	5	10.04.10	65	
Экономика и организация производства	15	17.05.10	80	
Охрана труда и техника безопасности	20	24.05.10	100	

Руководитель дипломного проекта, дипломной работы

_____ Булков Алексей Борисович
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

5. **Дипломный проект, дипломная работа закончен(а)**

_____
(подпись дипломника)

6. **Пояснительная записка и все материалы просмотрены.**
Оценка руководителя _____
Консультанты _____ Левицкая Елена Викторовна
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

_____
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

_____
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

7. **Допустить дипломника** _____ Ивахно Д.Ю. _____
(фамилия, инициалы)
к защите дипломного проекта, дипломной работы в Государственной аттестационной комиссии (протокол заседания кафедры № _____
от « 31 » мая 2010 г.)

8. **Назначить защиту на** « » июня 2010 г.

Заведующий кафедрой _____ В. В. Пешков
(подпись) (инициалы, фамилия)

Декан факультета _____ В. М. Пачевский
(подпись) (инициалы, фамилия)

Реферат

Дипломный проект 95 с., 9 рис., 15 табл., 17 источников, 4 приложения. Графическая часть 10 листов.

Ключевые слова: коллектор топливной системы, аустенитная сталь, коррозионная стойкость, полуавтоматическая сварка, технологический процесс, сборочно-сварочная оснастка, термообработка, проектирование.

Объект разработки – технологический процесс изготовления коллектора топливной системы.

Основная задача диплома – разработать технологический процесс изготовления коллектора топливной системы, для обоснования эффективности использования проектируемого варианта.

Полученные результаты – подобраны вспомогательные материалы, проведён выбор способа сварки, подобраны режимы сварки, исходя из справочных данных, выбор оборудования, исходя из технических и экономических показателей; разработан технологический процесс изготовления конструкции и на его основе произведен расчет норм времени, расхода сварочных материалов, электроэнергии, рассчитаны показатели экономической эффективности проектного и базового варианта. На основании произведённых расчётов установлена экономическая эффективность проектного варианта. Рассмотрены вопросы охраны труда и техники безопасности.

Содержание

Задание на дипломный проект 2
Реферат 4
Введение 7
1 Разработка технологического процесса 8
1.1 Описание конструкции изделия 8
1.2 Технические условия на изготовление коллектора 9
1.3 Оценка свариваемости материала конструкции 9
1.4 Оценка свариваемости материала конструкции 11
1.5 Термическая обработка 13
1.6 Выбор и обоснование способа сварки 14
1.7 Выбор сварочных материалов 17
1.8 Выбор сварочного оборудования 19
1.9 Выбор основных параметров и режимов сварки 25
1.10 Контроль качества 26
1.10.1 Контроль основных материалов 26
1.10.2 Контроль вспомогательных материалов 27
1.10.3. Контроль заготовок 28
1.10.4 Контроль сварных швов. Выбор методов контроля 29
1.10.5 Капиллярный контроль 30
1.10.6 Визуальный и измерительный методы контроля 31
1.10.7 Радиографический метод контроля (радиография) 33
1.10.8 Технологическое испытание на прочность, плотность 35
1.11 Нормирование технологического процесса 36
1.12 Планировка участка сборки и сварки пенала 48
2 Сборочно-сварочное оборудование 51
2.1 Требования к сборочно-сварочному оборудованию 51
2.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений 51
2.3 Характеристика сборочно-сварочного оборудования 53
3 Экономика и организация производства 56

3.1 Исходные данные 56
3.2 Расчет себестоимости сборочно-сварочных работ 58
3.3 Обоснование экономической эффективности 74
4 Охрана труда и техника безопасности 79
4.1 Цели и задачи охраны труда 79
4.2 Анализ возможности негативного влияния проектируемого технологического процесса на окружающую среду и человека 79
4.3 Защитные мероприятия 82
4.4 Расчет вытяжной вентиляционной системы 84
4.5 Техника безопасности и пожарная безопасность при производстве сварочных работ 88
4.6 Травмы при дуговой сварке и меры их предупреждения 88
4.7 Противопожарные мероприятия при производстве сварочных работ 91
4.8 Производственное освещение 92
Заключение 94
Список литературы 95
Приложение А Маршрутная карта изготовления коллектора 97
Приложение Б Операционная карта сварки 115
Приложение В Спецификация на сборочный чертеж коллектора 122
Приложение Г Спецификации на сборочные приспособления 124

Введение

В условиях современного производства сварка является одним из ведущих технологических процессов обработки металлов. На сегодняшний день не осталось такой отрасли промышленности, где не применялась бы сварка. В связи с перспективностью и интенсивным развитием авиационной и космической промышленности, много внимания уделяется технологическим вопросам изготовления сварных конструкций из наиболее применяемых материалов в данных отраслях, таких как: титановые, алюминиевые, нержавеющие стали и сплавы.

Нержавеющие стали и сплавы нашли своё применение для изготовления сосудов, трубопроводов, лопастей турбин в энергетическом машиностроении, сварных аппаратов и узлов, работающих в агрессивных средах в условиях коррозионного изнашивания. Основным требованием, предъявляемым к процессу сварки этих сталей, является обеспечение надежности и высокой прочности соединения элементов конструкции, выбор технологии, исключающей выпадение карбидов хрома, как причину межкристаллитной коррозии в околошовной зоне. Наиболее технологичным способом сварки, обеспечивающим получение требуемых качеств сварных швов небольшой протяженности в ответственных конструкциях, является применение полуавтоматической сварки плавящимся электродом в среде защитных газов.

Целью данного дипломного проекта является: разработка технологического процесса изготовления коллектора топливной системы, выполненного из стали 12Х18Н10Т на основании анализа факторов, влияющих на качество соединений, получаемых полуавтоматической сваркой плавящимся электродом в среде защитного газа. Также в работе будет рассмотрен вопрос выбора сварочного оборудования, спроектирована необходимая сварочная оснастка, позволяющая ускорить процесс изготовления рассматриваемого изделия.

1 Разработка технологического процесса

1.1 Описание конструкции изделия

В производстве узлов агрегатов, длительно работающих в окислительных средах под давлением при температурах до 600°С в авиационной и ракетно-космической технике, большое значение имеет способность материала заготовок сопротивляться коррозионному воздействию рабочей среды при высоком уровне прочности. Одним из путей обеспечения требуемых параметров служит выбор коррозионностойкой стали аустенитного класса 12Х18Н10Т.

Коллектор топливной системы осуществляет транспортировку, смешивание топлива в системе питания двигателей в авиационной и космической промышленности. Коллектор представляет собой сварную конструкцию, состоящую из деталей листового проката толщиной 4 мм, полученных штамповкой; деталей полученных отливкой с последующей механической обработкой– шлифованием, точением, фрезерованием, полировкой.

Данная конструкция, представленная на рисунке 1, состоит из обечайки, кожуха, фланцев и штуцеров. К сварной обечайке состоящей из двух половин 1 и 2 приваривается кожух 3, который включает в себя патрубок 4 с фланцем 6 и пару штуцеров 5,9. Затем к полученному узлу привариваются торцевые фланцы 7,8.

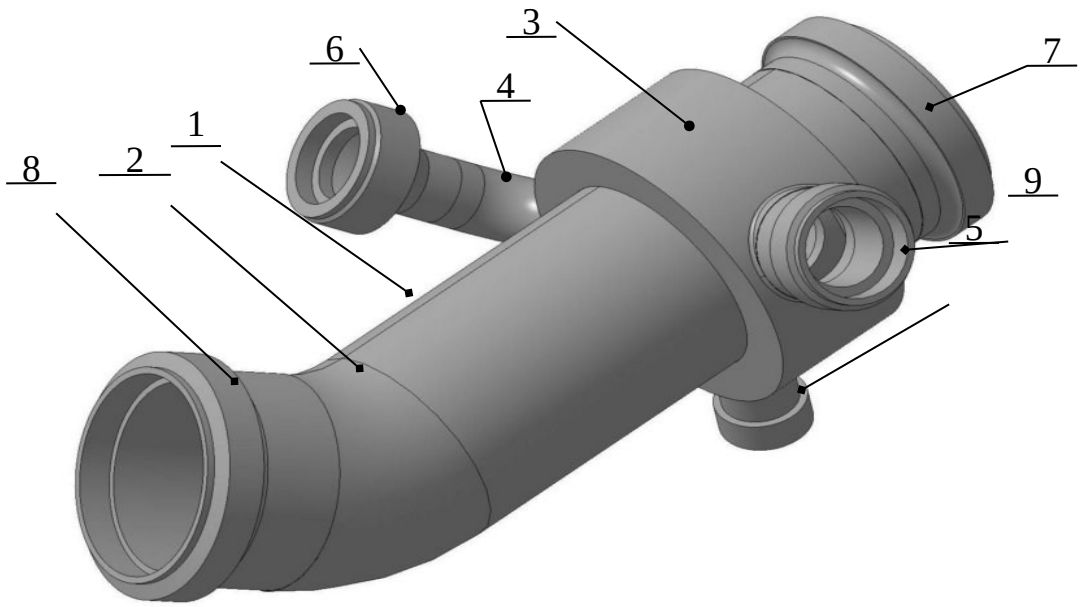

Рисунок 1 –Коллектор топливопровода

1.2 Технические условия на изготовление коллектора

Технические условия включают следующие требования:

- Химический состав материалов должен соответствовать требованиям ГОСТ 5632-72, ГОСТ 2246-70.

- Детали и узлы, поступающие на сборку и сварку должны соответствовать чертежам.

- Сборку производить в соответствии с чертежом.

- При сборке обеспечить контакт деталей по всей площади соединения.

- Транспортировать детали и узлы в технологической таре, исключающей их загрязнение и механическое повреждение.

- Перед сваркой проверить сборочную единицу на отсутствие вмятин, выбоин, загрязнений. Наличие перечисленных дефектов не допускается.

- В процессе сварки должна соблюдаться последовательность, указанная в технологическом процессе.

- Сварные швы должны соответствовать ОСТ 92-1021-81.

- В сварных соединениях не допускаются трещины, непровары, поры, инородные включения, несплавления, прожоги, кратеры и прочие дефекты.

После сварки следует произвести контроль качества соединения методом гидравлического испытание на прочность водой при давлении испытания от 50 до 52 МПа, время выдержки 5 минут.

К проведению сварочных работ допускаются лица, аттестованные квалификационной комиссией на право проведения данных работ.

1.3 Выбор и характеристика материала

В связи с тем, что от конструкции требуется длительная коррозионная стойкость, выбираем нержавеющую сталь 12Х18Н10Т, обладающую необходимыми для нас свойствами и доступностью. Сталь 12Х18Н10Т - высоколегированная коррозионностойкая сталь аустенитного класса, имеющая повышенную стойкость к межкристаллитной, электрохимической, химической, почвенной, щелочной, солевой коррозии. Эту сталь по способу легирования относят к хромоникелевым

сталям. Наличие в своем составе хрома в количестве 18 %, расширяет возможность применения этой нержавеющей стали в широком диапазоне концентраций кислотных сред и их температур. Как правило, легирование никелем обеспечивает аустенитную структуру, что в свою очередь гарантирует высокую технологичность стали в сочетании с комплексом служебных свойств . Кроме того, эти стали жаростойкие, устойчивые против химического разрушения поверхности в газовых средах при температуре от минус 196 до плюс 600 °С, работающие в ненагруженном или слабонагруженном состоянии. Химический состав и механические свойства стали приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1– Химический состав, в процентах, стали 12Х18Н10Т [1]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не более						не более		
0,12	0,8	2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,6-0,8	0,020	0,035	0,30

Примечание – основа Fe.

Таблица 2 – Механические свойства 12Х18Н10Т при температуре Т = 20°С [2]

Нормативный документ	Термическая обработка			Параметры		
	Операция	Т, °С	Охлаждающая среда	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_т$, МПа	δ, %
ГОСТ 5582-75	Закалка	1050-1080	Вода или воздух	205	530	40

Физические свойства стали 12Х18Н10Т приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Физические свойства стали 12Х18Н10Т [3]

Температура Т, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, 1/град	Модуль упругости $E \cdot 10^{-5}$ МПа	Коэффициент теплопроводнсти λ, Вт/(м·-град)	Плотность ρ, кг/м^3	Удельная теплоемкость С, Дж/(кг·-град)	Удельное электросопротивление $R \cdot 10^9$, Ом·м
20	-	1,98	15	7900	-	725
100	16,6	1,94	16	-	0,462	792

Продолжение таблицы 3

Температура Т, °С	Коэффициент линейного расширения $\alpha \cdot 10^6$, 1/град	Модуль упругости $E \cdot 10^{-5}$ МПа	Коэффициент теплопроводнсти λ, Вт/(м·-град)	Плотность ρ, кг/м^3	Удельная теплоемкость С, Дж/(кг·-град)	Удельное электросопротивление $R \cdot 10^9$, Ом·м
200	17,0	1,89	18	-	0,496	861
400	17,5	1,74	21	-	0,538	976
600	18,2	1,57	25	-	0,563	1075

1.4 Оценка свариваемости материала конструкции

Свариваемость является комплексной технологической характеристикой металла, отражающей его реакцию на процесс сварки и определяющей его относительную пригодность для выполнения сварных соединений, удовлетворяющих условиям последующей эксплуатации. Для количественной оценки свариваемости сравнивают свойства металла сварного шва со свойствами основного металла, которые принимаются как эталонные.

Оценка свариваемости стали необходима в следующих случаях:

1) для установления соответствия прочностных характеристик сварных соединений техническим условиям для данной марки стали;

2) при разработке новой технологии сварки;

3) новой марки стали для всесторонней оценки ее технологических свойств;

4)новых типов электродных покрытий и новых марок присадочных материалов.

Свариваемость является относительной и сложной характеристикой, которая определяется применением комплекса различных проб и методов исследования.

Оценку свариваемости можно провести определив структуру металла по диаграмме Шифлера, представленной на рисунке 2.

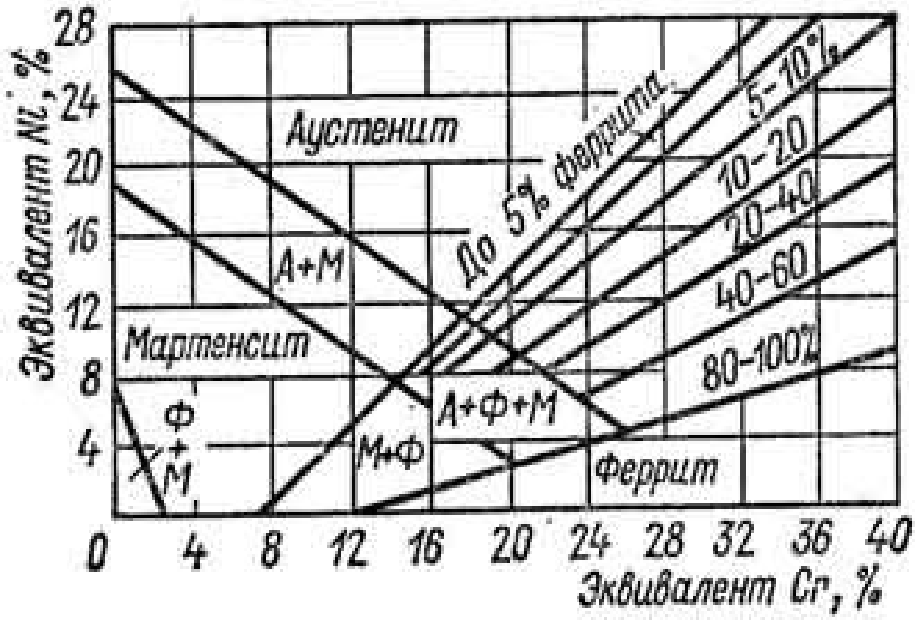

Рисунок 2 – Диаграмма Шифлера

По данным о химическом составе для металлов вычислим эквивалент никеля и хрома для стали 12Х18Н10Т:

$$[Ni_Э] = \%Ni + 30\times\%C + 0,5\times\%Mn = 10 + 30\times0,12 + 0,5\times2 = 14,2, \quad (1)$$

$$[Cr_Э] = \%Cr + 1,5\times\%Si + 2\times\%Mo + 5\times\%Ti + 2\times\%Al + 2\times\%Nb + \%V = 19 + +1,5\times0,8 + 5\times0,8 = 24,2. \quad (2)$$

По полученным данным можно утверждать, что сталь относятся к аустенитному классу, она содержат в своём составе устойчивый аустенит, при нагреве которого будет выделяться высокотемпературный феррит, который в свою очередь благотворно действует на шов, ограничивая рост аустенитных зерен, способствуя получению мелкозернистой структуры шва. Исходя из этого, назначают обязательную термическую обработку изделия после сварки с целью снятия остаточных напряжений и повышения технологичности швов [11].

1.5 Термическая обработка

Необходимость проведения термической обработки после сварки обуславливается еще и тем, что в высоколегированных аустенитных сталях и сплавах межкристаллитная коррозия может развиваться как в металле шва, так и в основном металле у линий сплавления (ножевая коррозия) или на некотором удалении от шва. Межкристаллитная коррозия в металле шва возникает в результате выделения из аустенита под действием термического цикла сварки карбидов хрома, приводящего к обеднению хромом приграничных объемов зерен. Основными причинами этого являются повышенное содержание в металле шва углерода и отсутствие или недостаточное содержание титана или ниобия. Стойкость шва против межкристаллитной коррозии уменьшается в результате длительного воздействия нагрева при неблагоприятном термическом цикле сварки или эксплуатации изделия. Аустенитно-ферритные швы со сплошной структурой и извилистыми очертаниями границ зерен имеют повышенную стойкость против межкристаллитной коррозии по сравнению с аустенитными. Возрастание протяженности границ зерен вследствие измельчения зерен увеличивает площадь поверхности, на которой выделяются карбиды. Выделяющиеся карбиды более дисперсны, и местное обеднение объема зерна хромом происходит на меньшую глубину. Кроме того, процессы диффузии в феррите происходят значительно быстрее, что ускоряет выравнивание концентрации хрома в обедненных приграничных и центральных участках зерен [4].

При нагреве выделяющиеся карбиды хрома приводят к образованию высокотемпературной ферритной фазы, ограничивающей рост аустенитного зерна и обеспечивающей получение мелкозернистой структуры шва.

Следует отметить, что существуют и негативные последствия высокотемпературного цикла сварки. Это связано прежде всего с тем, что при сварке аустенитных сталей пластическая деформация металла шва и околошовной зоны в результате больших коэффициентов линейного расширения и усадки, а также отсутствия полиморфных превращений происходит в большей степени, чем при сварке углеродистых сталей перлитного класса. В этих условиях при многослойной сварке металл околошовной зоны и первые слои металла шва могут упрочниться под действием многократного пластического деформирования, другими словами наблюдается явление самонаклепа при сварке. Влияние этого явления на свойства металла шва определяется жесткостью свариваемых элементов. В относительно более жестких соединениях, где самонаклеп вызывает повышение прочностных характеристик, наблюдают повышение остаточных напряжений в отдельных случаях до 450, 500 МПа. Такие сравнительно высокие остаточные напряжения при низкой релаксационной способности аустенитных сталей требуют выбора такого режима термической обработки, который обеспечивает снижение остаточных напряжений, снятие самонаклепа и максимально возможную гомогенизацию структуры сварного соединения [4].

Исходя из вышеописанных структурных превращений и их возможных последствий, целесообразно назначить трехступенчатую термическую обработку, позволяющую максимально снизить остаточные напряжения в шве и околошовной зоне, получить металл шва с высоким показателем прочности и избежать появления таких дефектов, как горячие и холодные трещины и коррозионное растрескивание.

Термическая обработка для конструкции выполненной из стали 12Х18Н10Т толщиной 4 мм, работающей в коррозонно-активной среде без нагрева включает:

- стабилизирующий отпуск в вакууме равном 10^{-1} мм. рт. ст при температуре от 250 до 300°С в течение двух часов, обеспечивающий снижение остаточных напряжений;

- обработку холодом при температуре минус 50 °С в течение трех часов для обеспечения требуемых механических свойств сварных швов;

-повторный отпуск при температуре от 250 до 300 °С в течение двух часов в вакуумной печи для исключения взаимодействия конденсата и паров воды со швами со стороны полостей изделия.

1.6 Выбор и обоснование способа сварки

Выбор способа сварки осуществляется на основе целесообразности его применения к свариваемой конструкции. Выбранный способ должен обеспечивать:

- получение необходимых геометрических размеров сварного шва;
- получение благоприятного строения металла шва и околошовной зоны;
- получение необходимых механических свойств сварного соединения;
- легкий доступ к сварному соединению;
- минимальную трудоёмкость сборочно-сварочных операций;
- минимальные затраты на сварочные материалы.

Материал коллектора– высоколегированная коррозионностойкая сталь – хорошо сваривается как плавящимися покрытыми электродами, под флюсом, так и в защитных газах. Это наиболее часто используемые способы сварки с широкими возможностями для автоматизации.

Рассмотрим каждый из способов применительно к нашей конструкции.

Применение ручной дуговой сварки связано со следующими сложностями: при выполнении длинных швов сварщику необходимо будет несколько раз останавливать процесс сварки для смены электрода, что будет увеличивать трудоемкость изготовления, также это может привести к появлению дефектов в местах зажигания и гашения дуги. В связи с этими причинами применение ручной дуговой сварки для изготовления бака для воды нецелесообразно.

Применение механизированной сварки под флюсом также связано с рядом трудностей: сварные швы достаточно короткие и доступ к ним сварочной головки затруднен, геометрия некоторых швов неблагоприятна для нанесения флюса.

Оптимальным способом сварки является полуавтоматическая в среде инертных газов, сочетающая преимущества автоматической и ручной дуговой – высокое качество защиты расплавленного металла от взаимодействия с окружающей средой , возможность сварки швов сложной конфигурации в различных пространственных положениях, отсутствие потерь на огарки вместе с устранением затрат времени на смену электродов и отсутствие шлаковой корки [4].

Сварка в среде инертных газов имеет следующие основные преимущества:

- минимальный нагрев основного металла;
- малый угар легирующих элементов;
- возможность наблюдения за образованием шва;
- надежная защита расплавленного металла от окружающего воздуха;
- легкость механизации и автоматизации процесса.

К недостаткам способа относятся:

- необходимость применения защитных мер против световой и тепловой радиации дуги;
- возможность нарушения газовой защиты при сдувании струи.

Прихватка деталей на стадии сборки выполняется короткими швами длиной 5 мм малого поперечного сечения в приспособлении. Наиболее современным и производительным способом на сегодняшний день, является полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде защитных газов.

Таким образом, для изготовления коллектора мной выбрана полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в среде аргона.

При сварке плавящимся электродом в защитном газе в зону дуги, горящей между плавящимся электродом (сварочной проволокой) и изделием через сопло подаётся защитный газ, защищающий металл сварочной ванны, капли электродного металла и закристаллизовавшийся металл от воздействия активных газов атмосферы. Теплотой дуги расплавляются кромки свариваемого изделия и электродная (сварочная) проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует сварной шов. Сварку в защитных газах плавящимся электродом ведут на постоянном токе обратной полярности, вследствие того, что на переменном токе из-за

сильного охлаждения столба дуги защитным газом, дуга может прерываться. Скорость подачи сварочной проволоки определяет силу сварочного тока. Для сварки в защитных газах плавящимся электродом характерно высокий процент потерь электродного металла вследствие угара и разбрызгивания. Интенсивность разбрызгивания связана с характером переноса электродного металла, который в свою очередь зависит от параметров режима сварки и вида защиты свариваемого изделия [4].

Применяют три основных способа защиты свариваемого узла от взаимодействия с воздухом: общий, местный и струйный.

При общей защите свариваемый узел полностью помещают в камеру, которую затем вакуумируют до 10^{-2} Па (для удаления воздуха) и заполняют защитным газом. Применение камер с общей защитой обеспечивает наиболее надежную защиту нагретого и расплавленного металла от взаимодействия с воздухом.

В опытном или единичном производстве применение камер с общей защитой нецелесообразно из экономических соображений. В этих случаях для защиты металла шва и околошовной зоны применяют местные защитные камеры, которые устанавливают на свариваемые узлы с обеспечением герметичности разъемов при перемещении заготовок.

Наиболее широко в сварочном производстве используется струйная защита, при которой защитные газы подают в зону сварки для оттеснения воздуха от нагретого и расплавленного металла. Для улучшения струйной защиты на входе с сопло и горелке устанавливают мелкие сетки, пористые материалы и т. п., позволяющие дополнительно выравнивать поток газа на выходе из сопла. Расход защитного газа должен обеспечивать ламинарное истечение струи.

1.7 Выбор сварочных материалов

В качестве защитного газа используется аргон. Аргон относится к инертным газам и при его использовании обеспечивают защиту свариваемого металла, не оказывая на него воздействия.

В основном аргон получают параллельно при получении кислорода и азота из воздуха. Аргон – газообразный чистый поставляется по ГОСТ 10157—79 двух сортов: высший и первый, их химический состав представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав аргона по ГОСТ 10157-79 [5]

Наименование показателя	Норма	
	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля аргона, в процентах, не менее	99,993	99,987
Объемная доля кислорода, в процентах, не более	0,0007	0,002
Объемная доля азота, в процентах, не более	0,005	0,01

Продолжение таблицы 4

Наименование показателя	Норма	
	Высший сорт	Первый сорт
Объемная доля водяных паров, в процентах, не более, что соответствует температуре насыщения аргона водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), °С, не выше	0,0009, - 61	0,001, - 58
Объемная доля суммы углеродсодержащих соединений в пересчете на CO_2, в процентах, не более	0,0005	0,001

Аргон обеспечивает хорошую защиту сварочной ванны. Высший сорт аргона (99,99 % Ar) используется для сварки, химически активных металлов, циркония, титановых сплавов, молибдена, сплавов на их основе, ответственных конструкций из нержавеющих сталей. Первый сорт аргона (99,98% Ar) применяется для сварки неплавящимся электродом, магния, алюминия, магниевых и алюминиевых сплавов, менее чувствительных к примесям кислорода и азота, а также для сварки нержавеющих сталей. Для сварки могут также использоваться смеси аргона с другими газами (кислородом, углекислым газом).

При сварке коллектора используется аргон первого сорта, обеспечивающий защиту при проведении сварочных работ на достаточном уровне.

Выбирать присадочную проволоку следует химического состава несильно отличающегося от химического состава основного металла. Так же при выборе сварочной проволоки следует руководствоваться требованиями, предъявляемыми к условиям работы получаемого изделия и сварных швов. Для обеспечения получения металла шва мало отличающегося по своим свойствам от основного материала, нужно учитывать уровень легирования шва электродным материалом. Поэтому для сварки коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т я выбрал присадочную проволоку Св-07Х18Н9ТЮ по ГОСТ 2246-70, её химический состав приведён в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав, в процентах, сварочной проволоки Св-07Х18НТЮ по ГОСТ 2246-70 [6]

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Прочие элементы
до 0,09	до 0,80	До 2,00	от 17,00 до19,00	от 8,00 до 10,00	не более 0,015	не более 0,030	0,60-0,95 Al 1,00-1,40 Ti

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, расслоений, раковин, забоин, ржавчины, масла.

1.8 Выбор сварочного оборудования

Для полуавтоматической аргонодуговой сварки коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т будем использовать полуавтомат сварочный однокорпусной ПДГ-351 изображенный на рисунке 3.



Рисунок 3–Полуавтомат сварочный однокорпусной ПДГ-351 [7]

Полуавтомат сварочный ПДГ-351 со встроенным подающим механизмом предназначен для полуавтоматической сварки изделий из стали на постоянном токе в среде защитных газов. Используется 15кг кассета сварочной проволоки [7].

Полуавтомат сварочный ПДГ-351 с принудительным охлаждением обеспечивает плавную регулировку и стабилизацию скорости подачи проволоки, имеет ступенчатое регулирование сварочного напряжения, при двух режимах работы : сварка коротких швов, сварка дуговыми заклепками; регулируемый диапазон времени сварки. Так же полуавтомат оснащен защитой от тепловой перегрузки, площадкой под рабочий инструмент сварщика и ЗИП, быстроразъемными и безопасными токовыми разъемами [7].

Основные технические характеристики сварочного полуавтомата ПДГ-351 приведены в таблице 6.

Таблица 6 –Технические характеристики полуавтомата сварочного ПДГ-351 [7]

Показатель	Значение
Напряжение питающей сети, В	3×380
Номинальный сварочный ток при ПВ-70 %, А	315
Номинальный сварочный ток при ПВ-100 %, А	260

Пределы регулирования сварочного тока, А	от 40 до 380
Количество ступеней регулирования, шт	20
Скорость подачи проволоки, м/ч	от 70 до 960
Количество роликов, шт	2 или 4
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Напряжение холостого хода, В	42
Потребляемая мощность, кВА	17
Диаметр проволоки, мм	от 0,8 до 1,6
Масса, кг	114
Габаритные размеры, мм	640×490×820

Ручную дуговую сварку в аргоне выполняют, используя сварочную горелку. Ручная горелка служит для жесткого фиксирования плавящегося электрода в определенном положении, подвода к нему электрического тока, подачи защитного газа в зону сварки и охлаждения токоведущих частей воздухом или водой. Горелки для сварки в монтажных условиях и при пониженных температурах имеют естественное воздушное охлаждение.

В специальных установках используют со встроенной в рукоятку кнопкой или клавишей для управления подачей газа, включением системы бесконтактного зажигания, плавного нарастания тока . Сопла горелок малой и средней мощности выполнены из керамики. Горелки большой мощности имеют медное сопло с внутренней рубашкой.

Ознакомившись с представленными на рынке сварочного оборудования горелками для аргонодуговой полуавтоматической сварки, учитывая используемые диаметры проволоки и соответствующие им токи , я остановили свой выбор на горелке MF–40, представленной на рисунке 4 , как на самом приемлемом варианте.



Рисунок 4 – Горелка для полуавтоматической сварки плавящимся электродом [7]

Горелка сварочная MF–40 предназначена для полуавтоматической и автоматической дуговой сварки плавящимся электродом (проволокой) диаметром от 1 до 2,4 мм в среде защитного углекислого газа или аргона, и в их смесях.

Выбранная сварочная горелка, соответствует требованиям предъявляемым к обеспечению надежной защиты и к выбранным режимам сварки. Горелка MF–40 без каких либо ограничений способна работать с выбранным мной ранее полуавтоматом ПДГ–351.

Для обеспечения назначенного режима термической обработки после сварки выберем отпускную вакуумную электропечь типа ВМО –14–8, для осуществления стабилизирующего отпуска, и климатическую камеру КТХ–80 для соответствующей обработки холодом.

Отпускная вакуумная электропечь типа ВМО –14–8 представлена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Отпускная вакуумная электропечь типа ВМО –14–8 [8]

Процессу отпуска больше всего соответствуют низкотемпературные отпускные вакуумные электропечи. Подобные электропечи относятся к печам с повышенной равномерностью температурного поля, и могут также применять как печи для пайки или молирования. Выпускаются в вариантах с вертикальной и горизонтальной загрузкой. С минимальными переделками вакуумной системы могут использоваться как печи для сушки [8].

В условиях невысокой теплопередачи низкотемпературной вакуумной электропечи, высокая равномерность температурного поля достигается за счет того, что отпускные печи выпускаются многозонными и в муфельном варианте. Муфель изготавливается из жаропрочной стали и, позволяет откачивать вакуумный объем до требуемого разрежения, одновременно является экраном, «выравнивающим» температурное поле. Печи производятся с несколькими независимыми нагревательными зонами. Регулирование мощности в каждой зоне нагрева происходит автономно, что позволяет иметь высокую равномерность температурного поля не только в пустой печи, но и дает инструмент, позволяющий ком-

пенсировать различие в тепловых потерях, обусловленное наличием материала садки в рабочем пространстве [8].

Отпускные вакуумные электропечи выпускаются с максимальной рабочей температурой 600 °С и рабочим вакуумом от 10^{-1} до 10^{-5} мм. рт. ст. Нагреватели выполнены из сплава сопротивления, а футеровка — из волокнистой теплоизоляции. Печи допускают работу в вакууме, среде нейтральных (азот, аргон) газов и на воздухе. Корпуса (муфели) выпускаются литыми или сварными, с охлаждением сварного шва [8].

Вакуумная система состоит из вакуум-насоса низкого вакуума, соединенного с корпусом печи через дроссельный клапан с автоматическим регулированием.

Основные технические характеристики отпускной вакуумной электропечи типа ВМО–14–8 приведены в таблице 7 .

Таблица 7 – Основные технические характеристики отпускной вакуумной электропечи типа ВМО–14–8 [8]

Тип печи	вертикальная (шахтная)
Максимальная рабочая температура, °С	800
Остаточное давление в печи, мм рт. ст.	10^{-2}

Продолжение таблицы 7

Рабочий объем, дм3	14
Примечания	В – вакуумная, М - муфельная, О – отпускная, 14 – объем рабочего пространства в дм3, 8 – максимальная рабочая температура в градусах Цельсия, деленная на 100, т.е., 800 °С
Способ нагрева	сопротивление

Тип процесса	Отпуск, пайка, молирование
Количество независимых зон нагрева	3
Мощность нагревательной камеры	8 кВт

На рисунке 6 представлена климатическая камера КТХ-80.



Рисунок 6 – Камера климатическая КТХ-80 [9]

Камера имеет следующие основные технические характеристики:

- максимальная стабилизируемая температура равна75 °С;
- минимальная стабилизируемая температура минус 60 °С;
- дискретность индикации температуры 1,0 или 0,1 °С;
- дискретность установки рабочей температуры, 1,0 или 0,1 °С;
- точность поддержания температуры в установившемся режиме находится в интервале 2,0 °С;

- температурный градиент внутри камеры относительно контрольной точки равен ± 3,0 °С;

- время выхода камеры на режим максимальной температуры не более 60 мин;

- размер рабочей камеры 450×450×320 мм;

- размер смотрового окна 300×300 мм;

- имеет долговременный режим работы ;

- нагрузка на полку составляет не более 50 кг;

- хладагент первого каскада – R 404A ;

- хладагент второго каскада – R 23 ;

- потребляемая мощность не более 1,5 кВт;

- напряжение питания 380 В ;

-размер камеры 800×1400×700 мм;

-масса камеры не более 170 кг.

1.9 Выбор основных параметров и режимов сварки

Специфическими особенностями физических свойств высоколегированных сталей являются пониженные температура из плавления и теплопроводность, коэффициент линейного расширения. Эти особенности и предопределяют поведение аустенитных сталей при сварке. Ток при дуговой сварке коррозионностойких сталей и сплавов снижают (на 10-30 %) по сравнению со сваркой углеродистых сталей. При его назначении необходимо учитывать тип соединения, наличие разделки кромок, качество сборки, положение шва в пространстве [10].

Нагрев до высоких температур сварочной проволоки в вылете или металлического стержня электрода для ручной дуговой сварки за счет повышенного удельного электросопротивления при автоматической и полуавтоматической дуговой сварке требует уменьшения вылета электрода и повышения скорости его подачи [11].

Назначим режимы в соответствии со знаниями о физических свойствах стали 12Х18Н10Т и толщины металла.

Двухпроходную сварку ведут на постоянном токе прямой полярности. Это обеспечивает максимальную проплавляющую способность [11].

Сварочный ток первого прохода равен (170±5) А, напряжение дуги (20±2) В, диаметр проволоки 1,2 мм [11].

Сварочный ток второго прохода равен (220±10) А, напряжение дуги (20±2) В, диаметр проволоки 1,6 мм [11].

Расход защитного газа выбирают таким, чтобы сохранялся ламинарный поток струи газа, надежно защищающий сварочную ванну. Для оптимальной защиты назначают расход газа от 10 до12 л/мин, для защиты корня от 3 до 4 л/мин [11].

Вылет электрода – расстояние между концом электрода и точкой токоподвода. С увеличением вылета ухудшаются устойчивость горения дуги и формирование шва, интенсивнее разбрызгивается металл. Малый вылет затрудняет процесс сварки, вызывает подгорание газового сопла и токоподводящего наконечника. При сварке стыковых соединений вылет электрода должен составлять от 3 до 5 мм, а угловых и тавровых от 5 до 8 мм [11].

1.10 Контроль качества

1.10.1 Контроль основных материалов

Контроль основных материалов должен соответствовать требованию сертификата, который посылают заводы–поставщики вместе с партией металла. В нем указывают наименование завода изготовителя, марку и химический состав стали, номер плавки, профиль и размер материала, массу металла и номер партии, результаты всех испытаний, предусмотренных стандартом, номер стандарта на сталь данной марки.

При отсутствии сертификата металл запускают в производство после тщательной проверки:

- необходимо провести тщательный наружный осмотр;
- сделать пробу на свариваемость;

- пробу на соответствие механических свойств шва и определить химический состав металла.

При наружном осмотре металла, проверяют отсутствие окалины, ржавчины, трещин, расслоения и прочих дефектов. Предварительная проверка металла является необходимой и обязательной, поскольку она предупреждает применение некачественного металла для сварки изделия.

Механические свойства основного металла определяются испытанием стандартных образцов на прессах и копрах в соответствии с ГОСТ 1497-73. «Методы испытания на растяжение», ГОСТ 14019-80 «Методы технологических испытаний на изгиб».

1.10.2 Контроль вспомогательных материалов

Контроль качества сварочной проволоки по ГОСТ 2246-70. Каждая бухта сварочной проволоки должна иметь металлическую бирку, на которой указано наименование и товарный знак предприятия – изготовителя, условное обозначение проволоки согласно стандарту и номер партии. В сертификате, сопровождающем партию проволоки, имеются следующие данные:

- товарный знак предприятия–изготовителя;
- условное обозначение проволоки;
- номер плавки и партии;
- состояние поверхности проволоки (омедненная или неомедненная);
- химический состав проволоки;
- результат испытания на растяжение;
- массу проволоки в килограммах.

Таким образом, наличие бирки прикрепленной к бухте сварочной проволоки, а также сертификата на проволоку является гарантией того, что проволока пригодна для сварки. На поверхности сварочной проволоки не должно быть окалины, ржавчины, грязи и масла.

Сварочную проволоку, на которой нет бирки и нет документов подвергают тщательному контролю. Наиболее важной является проверка химического состава проволоки.

Контроль защитных газов осуществляется перед началом работы. Перед включением установки необходимо убедиться в отсутствии влаги в баллонах с защитным газом. Установить на баллоны осушитель. Влагу в баллоне с аргоном определяют по точке росы.

1.10.3 Контроль заготовок

Для обеспечения надежного качества сварочного соединения необходимо, чтобы все материалы были проверены на доброкачественность. Контроль осуществляется документально (наличие маркировки и сертификата на материал).

Перед поступлением заготовок на сварку проверяют чистоту поверхности металла, габаритные размеры заготовок, качество подготовки кромок и углы их скоса.

Чистота поверхности металла обеспечивается обезжириванием свариваемых кромок и прилегающих к ним поверхностей на ширине не менее 40 мм салфеткой, смоченной бензином и отжатой от его избытка.

Дефекты заготовок под сварку в значительной степени сказываются на качестве и производительности сварочных работ. Увеличение угла скоса кромок приводит к увеличению времени сварки и к излишнему расходу электроэнергии. Кроме того, соединение после сварки будет сильнее деформироваться так как, чем больше наплавленного металла, тем больше его усадка при остывании. Предупреждение дефектов в заготовках избавит от лишней работы по их исправлению.

1.10.4 Контроль сварных швов. Выбор методов контроля

Сварные соединения считаются качественными, если они не имеют недопустимых дефектов и их свойства удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним

в соответствии с условиями эксплуатации сварного узла или конструкции. Качество сварных соединений контролируют следующими видами контроля:

- предварительным, в процессе которого выполняют проверку качества исходных материалов (свариваемого металла и сварочных материалов), контроль подготовки деталей под сварку и сборку узлов, а также состояние оснастки, сварочного оборудования и приборов, квалификации сборщиков и сварщиков;

- текущим, в процессе выполнения сварочных работ, предусматривающим проверку соблюдения технологии сварки;

- окончательным контролем готовых сварных конструкций, который проводится в соответствии с требованиями, предъявляемыми к изделию.

Документация на технический контроль сварных соединений должна оформляться в соответствии с требованиями ГОСТ 31502 «Правила оформления документов на технический контроль». Контроль качества сварных конструкций осуществляется установлением конструкции данным чертежа нормам соблюдения геометрической формы и качества выполнения швов и соединений, предусмотренным настоящим стандартом. Детали перед поступлением на сборку или сварку должны быть приняты ОТК. В процессе изготовления сварных конструкций должен осуществляться пооперационный контроль на всех этапах производства; пред сваркой, в процессе сварки, после сварки. В деталях должна проверяться чистота поверхности металла и свариваемых кромок, габаритные размеры, качество подготовки кромок, углы скоса кромок, а также отсутствие заусенцев и вмятин.

Геометрические размеры сварных швов должны соответствовать чертежам.

Дефекты сварных швов, допускающиеся без исправления:

-увеличение размеров шва не превышающее 20 % норм, если суммарная протяженность таких участков не превышает 20 % длины шва;

- поры, выходящие на поверхность: крупный дефект, максимальный диаметр – 0,8 мм; суммарная длина всех дефектов (один крупный и все мелкие) – 8,0 мм;

В случае обнаружения других дефектов, допускается исправление дефекта механическим способом. Решение о повторной подварке принимает главный сварщик.

Не допускаются следующие дефекты сварных швов:

- трещины;

- кратеры;

- незаполненные разделки кромок;

- пористость, превышающая по величине допускаемые нормы.

Шероховатости и неровности шва допускаются.

Наиболее рационально для нашего изделия выбрать следующие виды контроля: капиллярный контроль–для деталей полученных отливкой и прошедших соответствующую механическую обработку; визуально-измерительный по РД 03-606-03, радиографический по ГОСТ 7512-82 и проверку на прочность гидравлическим давлением–для всех сварных швов.

1.10.5 Капиллярный контроль (цветной метод контроля)

Капиллярные методы контроля применяют для выявления поверхностных и сквозных дефектов литых деталей ,сварных соединений и основного материала, таких как микротрещины и трещины, выходящие на поверхность изделия, мелкие поверхностные поры, шлаковые включения, раковины, узкие непровары, а также межкристаллитную коррозию, коррозионное растрескивание и другие несплошности, которые трудно обнаружить при внешнем осмотре [14].

Капиллярные методы основаны на капиллярном проникании индикаторных жидкостей материала объектов контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя. В основе капиллярной дефектоскопии лежит изменение контрастностей изображения поверхностных дефектов и фона, на котором они выявляются с помощью свето- и цветоконтрастных индикаторных жидкостей – пенетрантов [14].

Для контроля детали (кожуха), полученной литьём и предварительно обработанной механическим способом, выберем цветной капиллярный метод контроля, как наиболее широко применяемый и обеспечивающий необходимый уровень достоверности конечных результатов.

Контроль методами красок производится с помощью индикаторных жидкостей, в которые вводят специальные красители.

Контролируемые поверхности очищают от различных загрязнений, наносят слой жидкого индикаторного состава, затем после выдержки, необходимой для заполнения поверхностных дефектов, избыток состава удаляют и производят проявление [14].

В качестве материалов для проведения контроля были выбраны: индикаторный пенетрант И 202 , очиститель М 101, проявитель П 101.

После удаления избытков индикаторной жидкости поверхность сварного соединения насухо вытирают и с помощью кисти или пульверизатора наносят тонкий слой проявителя.

Поверхность изделия просушивают теплым воздухом температурой от 50 до 60 ^{0}С. За счет диффузионных явлений оставшийся в полостях дефектов краситель выходит на поверхность и его следы ярко выделяются на фоне проявителя. Поверхность швов рекомендуется осматривать дважды – первый раз от 3 до 5 мин после нанесения проявителя, второй – выждав от 20 до 30 мин. Выявляемость дефектов ухудшается, если на сварное соединение или плакирующую наплавку наносят слишком толстый слой проявителя, при излишнем увеличении длительности промывки и протирки, а также, если температура изделия ниже 20 ^{0}С [14].

1.10.6 Визуально-измерительный контроль по РД 03-606-03

На стадии входного контроля обеспечивается надзор за сопроводительной документацией соответствующего вида материала, полуфабриката – наличие соответствующих сертификатов качества.

Визуальный контроль материала, кромок свариваемых элементов и сварных швов проводится с целью выявления коррозии на поверхности и поверхностных дефектов (трещин, расслоений, забоин, вмятин, раковин, пор, подрезов, грубой чешуйчатости, западаний между валиками шва, раковин, свищей, шлаковых включений и других несплошностей), вызванных технологией изготовления (условиями хране-

ния) или транспортировкой, подтверждения наличия и правильности клеймения, а также соответствия формы (типа) разделки кромок, подлежащих сварке, требованиям рабочих чертежей и ТУ на изготовление.

Измерительный контроль проводится с целью измерения размеров сварных швов и поверхностных дефектов, выявленных при визуальном контроле, а также подтверждения соответствия основных размеров изделий (деталей, сборочных единиц) требованиям стандартов, ТУ и паспортов изделий. Измерительный контроль сварных швов выполняют через один метр по длине каждого контролируемого шва, но не менее чем в трех сечениях сварного шва.

При сборке деталей под сварку визуально необходимо контролировать:

– правильность установки подкладных пластин (колец);

– правильность сборки и крепления деталей в сборочных приспособлениях;

– правильность расположения и количество прихваток и их качество;

– правильность установки приспособлений для поддува защитного газа.

В выполненном сварном соединении визуально следует контролировать:

– отсутствие поверхностных трещин, непроваров и подрезов всех видов и направлений;

– отсутствие (наличие) на поверхности сварных соединений дефектов (пор, включений, отслоений, прожогов, свищей, наплавов, усадочных раковин, брызг расплавленного металла, грубой чешуйчатости, а также мест касания сварочной дугой поверхности основного материала);

– наличие маркировки (клеймения) шва и правильность ее выполнения.

Контролируемые параметры при сборке деталей под сварку, а также требования к измерениям сварных швов приведены в 6-ой главе РД 03-606-03.

1.10.7 Радиографический метод контроля (радиография) по ГОСТ 7512-82

При радиографическом методе контроля – радиографии для регистрации интенсивности излучения за исследуемым объектом (изделия) в качестве детектора излучения применяют рентгенографическую пленку. Она широко применяется в промышленности, так как обладают высокой чувствительностью к дефектам, объективностью, простой схемой просвечивания и доступностью организации и проведения контроля.

Рентгенография – метод, основанный на регистрации интенсивности рентгеновского излучения, взаимодействующего с контролируемым объектом, на рентгенографической пленке. Оптическая плотность почернения рентгенографической пленки зависит от дозы ионизирующего излучения, поэтому она больше на участках, перекрытых менее плотными (или менее протяженными в направлении просвечивания) местами контролируемого объекта. Вследствие этого выявляется картина внутреннего состояния контролируемого объекта.

Время просвечивания исследуемых объектов определяется по номограммам экспозиции, которые обычно строят для каждого материала в зависимости от толщины просвечиваемого слоя, напряжения на аноде рентгеновской трубки (энергии излучения), анодного тока, фокусного расстояния (от источника излучения до пленки), типа применяемой рентгенографической пленки и усиливающих экранов.

Для сокращения времени просвечивания при радиографическом методе контроля применяют усиливающие экраны: металлические (главным образом свинцовые, оловянные и оловянисто-свинцовые, иногда и из других металлов), и люминесцентные – на основе рентгенолюминофоров различного химического состава. Металлические усиливающие экраны по сравнению с флуоресцирующими обеспечивают более четкое изображение дефектов на снимке.

Рентгеновский аппарат выбирают, исходя из необходимого диапазона напряжения на рентгеновской трубке, с учетом области применения аппарата и конструктивных особенностей контролируемых изделий, условий контроля (цеховые, полевые, стационарные) и эксплуатационных возможностей аппарата (габариты, масса, максимальный анодный ток, размеры фокуса рентгеновской трубки и др.).

При радиографическом контроле применяют рентгенографические пленки, различающиеся по чувствительности к излучению и коэффициенту контрастности. Рентгенографические пленки с более высокой чувствительностью к излучению (например РТ-1) обеспечивают меньшие времена просвечивания, однако чувствительность к дефектам у этих пленок хуже, чем у пленок с меньшей чувствительностью к излучению, но с большим коэффициентом контрастности (например, РТ-5, РНТМ-1, РТ-4М). Марку пленки выбирают с учетом требований чувствительности к дефектам и производительности контроля. При просвечивании ответственных сварных соединений следует применять пленку РТ-5.

С помощью радиационных методов дефектоскопии в сварных соединениях выполненных сваркой плавлением, можно обнаружить трещины, непровары, поры, рыхлоты, включения металлические и неметаллические, подрезы, проплавы, прожоги, смещение кромок, утяжки.

При выборе схемы просвечивания необходимо помнить, что трещины и непровары выявляются лишь в том случае, если плоскости их раскрытия близки или совпадают с направлением просвечивания

Для оценки качества сварного соединения применяют различные эталонные образцы по ГОСТ 7512-82 – проволочные, для определения вытянутых дефектов (трещин, острых непроваров) в тонколистовых конструкциях и канавочные для дефектов различной формы в толстолистовых конструкциях. Съёмку участка с возможным дефектом проводят одновременно со съёмкой эталонного образца. По виду эталона на рентгеновской плёнке оценивают линейные размеры дефекта.

Оценку качества и разбраковку сварных деталей (соединений), узлов и изделий по результатам радиационных методов контроля необходимо производить в соответствии с требованиями технических условий на изготовление и приемку контролируемых изделий и производственных инструкций по сварке и контролю сварных соединений.

При оценке качества и разбраковке сварных изделий учитывают влияние технологических дефектов на механические (эксплуатационные) свойства контролируемых деталей. Методы оценки влияния дефектов на эксплуатационные свой-

ства контролируемых объектов должны включать характеристику влияния дефектов на прочность деталей в связи с чувствительностью швов сварного соединения к дефектам, расположением и ориентировкой их в поле напряженного состояния и условиями работы (режим, степень и длительность нагрузки, влияние среды, характер и концентрация напряжений и т. д.).

Наиболее опасны сильно вытянутые и острые по очертаниям дефекты, менее опасны дефекты округлой формы. Опасной ориентировкой дефекта является такая, при которой наибольшее растягивающее напряжение действует перпендикулярно к направлению вытянутого дефекта, менее опасной – такая, при которой растягивающие напряжения действуют параллельно направлению дефекта.

При статическом нагружении сварного соединения влияние дефектов будет наименьшим. В случае повторного нагружения с ограниченным числом циклов влияние дефектов более опасно. При длительных повторных нагрузках опасность сильно возрастает. При симметричных циклах опасность обычно наибольшая; с ростом асимметрии цикла она уменьшается. Влияние дефектов увеличивается с удлинением времени работы сварного соединения в напряженном состоянии и особенно в условиях коррозионного, температурного воздействия и других факторов.

1.10.8 Технологическое испытание на прочность и плотность гидравлическим давлением

В испытуемом оборудовании, трубопроводе или системе (контуре) создаётся пробное давление (во избежание гидроударов и внезапных аварийных ситуаций это производится медленно и плавно), превышающее рабочее на определяемую по специальным формулам величину, чаще всего на 25%. При этом тщательно контролируют рост давления по двум независимым поверенным манометрам или каналам измерений, на этом этапе допускается колебание давления вследствие изменения температуры жидкости. В процессе набора давления в обязательном порядке должны быть приняты меры для исключения скопления газовых пузырей в полостях, заполненных жидкостью. Затем, в течение так называемого времени выдержки, оборудование находится под повышенным давлением, которое не должно падать вследствие

неплотности испытуемого оборудования, что также внимательно отслеживается. После чего давление снижается до рабочего. На протяжении этих этапов персонал должен находиться в безопасном месте, нахождение рядом с испытуемым оборудованием строжайше запрещено. После снижения давления персонал проводит визуальный осмотр оборудования и трубопроводов в доступных местах в течение времени, необходимого для осмотра [15].

Основными параметрами испытания применительно к рассматриваемому изделию являются: избыточное давление (50±2) МПа, время выдержки составляет от 5 до 10 мин, давление осмотра (10±2) МПа.

Швы осматривают на отсутствие течи, капель и отпотевания, наличие данных дефектов не допускается.

На подводящей магистрали должны быть запорные краны. При испытании под давлением не допускаются отстукивание сварных швов и исправление дефектов.

1.11 Нормирование технологического процесса

Нормирование технологического процесса, т.е. определение нормы времени на выполнение той или иной операции, производим с помощью литературных данных [16] .

Время на выполнение операции включает в себя основное время на сварку T_O, нормо·ч и вспомогательное время $T_{ВСПОМ}$, которое включает в себя $T_{В.Ш}$ – время на очистку свариваемых кромок от налета ржавчины, сборку флюса со шва и засыпку его в бункер; очистку шва от шлака после каждого прохода; осмотр, промеры и клеймение шва; смену кассеты с электродной проволокой; проверку правильности установки головки автомата по оси шва с прокаткой автомата вхолостую; откатку автомата в исходное положение при многопроходной сварке; переходы сварщика к началу шва при многопроходной сварке; подтягивание проводов; откусывание огарка проволоки, зачистку от шлака после каждого прохода; и $T_{В.П}$ – время, которое расходуется на установку головки полуавтомата в начале шва; перемещение сварщика с полуавтоматом (автоматом) и инструментом от шва к шву (при работе с переносны-

ми автоматами и полуавтоматами); установку, поворот и снятие изделия; перемещение сварщика (при работе на стационарных автоматах); клеймение шва [12].

Рассмотрим последовательно швы применяемые к конструкции. Поскольку в изделии 4 типа швов, произведем расчет для каждого из них.

Рассчитаем норму времени для полуавтоматической сварки.

Основное время t_o рассчитывается по формуле [12]:

$$t_o = \frac{Fl\gamma}{I\alpha_н}, \qquad (3)$$

где t_o – время образования сварного шва путем наплавления электродного металла, т. е. время горения дуги, мин;

F – площадь поперечного сечения наплавленного металла шва, мм^2;

l – длина шва, м;

γ - плотность наплавленного металла, г/см^3;

I – сварочный ток, А;

$\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А·ч.

Норма штучного времени:

$$t_{øò.} = t_o + t_{âñï} + t_{îáñ} + t_ï \qquad (4)$$

где t_o – основное время;

твн – вспомогательное время;

$t_{обс}$ – время на обслуживание рабочего места;

$t_п$ – время на отдых и личные надобности.

$T_{обс}$ и $t_п$ при сварочных работах обычно принимают равным 10% от оперативного времени.

Шов №1

$$F = 0,3 \cdot 4 + 0,75 \cdot (9 \cdot 1) = 14,7 \text{ì ì}^2, \tag{5}$$

$$t_{\text{î ïåðâîãî ïðîõîäà}} = \frac{14,7 \cdot 0,167 \cdot 7,85}{170 \cdot 12} = 0,009 \text{ í î ðì î ·÷},$$

$$t_{\text{î âòîðîãî ïðîõîäà}} = \frac{14,7 \cdot 0,2 \cdot 7,85}{220 \cdot 12} = 0,009 \text{ í î ðì î ·÷},$$

$$t_{\text{øò.çà 2 ïðîõîäà}} = (0,009 + 0,009) + 2(0,005 + 0,05 + 0,0023) = 0,1326 \text{ í î ðì î ·÷}.$$

Шов №2.

Рассчитаем нормы времени для сварного шва:

$$F = 4 \cdot 1,5 + 0,75 \cdot (4 \cdot 1,5) = 10,5 \text{ì ì}^2, \tag{6}$$

$$t_{\text{î ïåðâîãî ïðîõîäà}} = \frac{10,5 \cdot 0,2 \cdot 7,85}{170 \cdot 12} = 0,008 \text{ í î ðì î ·÷},$$

$$t_{\text{î âòîðîãî ïðîõîäà}} = \frac{10,5 \cdot 0,2 \cdot 7,85}{220 \cdot 12} = 0,006 \text{ í î ðì î ·÷},$$

$$t_{\text{øò.çà 2 ïðîõîäà}} = (0,008 + 0,006) + 2(0,005 + 0,05 + 0,0019) = 0,1278 \text{ í î ðì î ·÷}.$$

Шов №3.

Рассчитаем нормы времени для сварного шва:

$$F = 0,5 \cdot 3,5^2 + 1,05 \cdot 3,5 = 9,8 \text{ì ì}^2, \tag{7}$$

$$t_{\text{î ïåðâîãî ïðîõîäà}} = \frac{9,8 \cdot 0,2 \cdot 7,85}{170 \cdot 12} = 0,007 \text{ í î ðì î ·÷},$$

$$t_{\text{î âòîðîãî ïðîõîäà}} = \frac{9,8 \cdot 0,2 \cdot 7,85}{220 \cdot 12} = 0,006 \text{ í î ðì î ·÷},$$

$$t_{\text{øò.çà 2 ïðîõîäà}} = (0,007 + 0,006) + 2(0,005 + 0,05 + 0,0018) = 0,1266 \text{ í î ðì î ·÷}.$$

Шов №4

$$F = 0,3 \cdot 4 + 0,75 \cdot (9 \cdot 1) = 14,7 \text{ì ì}^{2}, \tag{8}$$

$$t_{\text{î ïåðâîãî ïðîõîäà}} = \frac{14,7 \cdot 0,063 \cdot 7,85}{170 \cdot 12} = 0,004 \text{í î ðì î ÷},$$

$$t_{\text{î âòîðîãî ïðîõîäà}} = \frac{14,7 \cdot 0,063 \cdot 7,85}{220 \cdot 12} = 0,003 \text{í î ðì î ÷},$$

$$t_{\text{øò.çà 2 ïðîõîäà}} = (0,003 + 0,004) + 2(0,005 + 0,05 + 0,0012) = 0,1194 \text{í î ðì î ÷}.$$

Рассчитаем нормы времени необходимые для прихватки:

$$t_{\text{î}} = \frac{7,3 \cdot 0,005 \cdot 7,85}{120 \cdot 12} = 0,0002 \text{í î ðì î ÷}. \tag{9}$$

$$t_{\text{øò.}} = 0,0005 + 0,0002 + 0,0005 + 0,0007 = 0,0019 \text{í î ðì î ÷}.$$

Общее основное время на проведение сварочных работ с учётом количества швов:

$$T_{\text{ñâ.}} = \sum t_{\text{øò.}} \tag{10}$$

$$T_{\text{ñâ.}} = 0,0019 \cdot 35 + 2 \cdot 0,1326 + 2 \cdot 0,1278 + 2 \cdot 0,1266 + 4 \cdot 0,1194 = 1,31 \text{í î ðì î ÷}.$$

Теперь рассчитаем норму времени для сборки. Продолжительность времени сборки узлов под сварку зависит от характера и конструктивной сложности узла, его веса и размеров, количества собираемых деталей, а также от применяемых при сборке приспособлений и инструмента. Норма времени на сборку металлоконструкций под сварку также состоит из подготовительно-заключительного – Тп.з, основного – То, вспомогательного времени – Тв, и времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места – Тобс. Эти показатели устанавливаются нормативами [12].

То есть [12]:

$$\text{Тсб=Тпз+То+Тв+Тобс.} \tag{11}$$

Тп.з=0,2 нормо·ч – включает в себя время, затрачиваемое рабочим на получение производственного задания, указаний и инструктажа мастера, ознакомление с работой, получение и сдачу инструмента и приспособлений и сдачу работы [16].

То=0,1нормо·ч – время сборки металлоконструкций под сварку, в течение которого происходит координация, соединение и крепление входящих в изделие деталей и узлов [16].

Тв=0,3 нормо·ч – время затрачивается на доставку деталей и узлов к месту сборки, проверку их качества, измерения, разметку места установки детали или узла, зачистку собираемых кромок деталей, незначительную правку деталей в процесссе сборки, кантовку узлов и деталей, зачистку шлака, окалины, грата после прихватки, газорезки или подогрева [16].

Тобс=0,4 нормо·ч – время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности**.** Процесс обслуживания рабочего места при сборке включает раскладку и уборку инструмента, подналадку и настройку приспособлений, сборочных стендов, подсоединение сварочного кабеля, включение и регулировку тока, присоединение пневмоинструмента к воздухопроводу, уборку рабочего места, содержание его в чистоте и порядке [16].

$$Тсб=0,2+0,1+0,3+0,4=1,0 \text{ нормо·ч.} \quad (12)$$

Итого получили:

$$Тсв = 1,3 \text{ нормо·ч},$$

$$Тсб = 1,0 \text{ нормо·ч}.$$

Расход электроэнергии при сварке Аэ.п.с [12],

$$A_{э.п.с} = A_э G_п, \quad (13)$$

где Gп – масса наплавленного металла кг;

Аэ – удельный расход электроэнергии без учета потерь в силовой сети завода и на трансформаторной подстанции, кВт·ч/кг.

С учетом потерь в сети и на подстанциях при укрупненных расчетах Аэ может быть принят равным для однопостового агрегата 6 – 7 кВт·ч/кг, для многопостовой сварочной машины постоянного тока 8 – 11 кВт·ч/кг, для однопостового однофазного трансформатора (без осциллятора) 3 – 5 кВт·ч/кг, при сварке на переменном токе 3 – 4 кВт·ч/кг и при сварке на постоянном токе 6 – 7 кВт·ч/кг.

Расход сварочной проволоки при механизированной дуговой сварке в среде аргона [12]:

$$H_n = M \cdot \kappa_p \cdot \kappa_n, \qquad (14)$$

где $H_п$ – расход сварочной проволоки кг/м;

M – масса наплавляемого металла на один метр шва кг;

$к_р$ – коэффициент расхода сварочной проволоки, учитывающий её безвозвратные потери и отходы;

$к_п$ – коэффициент расхода сварочной проволоки, учитывающее пространственное положение шва.

Величину *M* вычисляют по формуле [12]:

$$M = F\rho L \cdot 10^{-3}, \qquad (15)$$

Расход защитной смеси при механизированной дуговой сварке рассчитывается по формуле [12]:

$$Í_ã = Í_{óä}(Ò_0 + Ò_{ïç}) \qquad (16)$$

где $Н_{уг}$ – удельный расход газа за единицу времени.

Рассчитаем расход сварочной проволоки, защитной смеси, а так же технологической электроэнергии для шва №1:

$$M = 14,7 \cdot (0,167 + 0,167) \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 0,038 \text{ êã},$$

$$Í_{ï} = 0,038 \cdot 1,03 \cdot 1,03 = 0,0403 \text{ êã},$$

$$Í_{ã} = 14 \cdot (0,018 + 0,8) = 11,45 \text{ ë},$$

$$À_{ý.ï.c} = 6 \cdot 0,038 = 0,228 \text{ êÂò} \cdot ÷.$$

Рассчитаем расход сварочной проволоки, защитной смеси, а так же технологической электроэнергии для шва №2:

$$M = 10,5 \cdot (0,2 + 0,2) \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 0,033 \text{ êã},$$

$$Í_{ï} = 0,033 \cdot 1.03 \cdot 1,03 = 0,035 \text{ êã},$$

$$Í_{ã} = 14 \cdot (0,014 + 0,8) = 11,4 \text{ ë},$$

$$À_{ý.ï.c} = 6 \cdot 0,033 = 0,198 \text{ êÂò} \cdot ÷.$$

Рассчитаем расход сварочной проволоки, защитной смеси, а так же технологической электроэнергии для шва №3:

$$M = 9,8 \cdot (0,2 + 0,2) \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 0,031 \text{ êã},$$

$$Í_{ï} = 0,031 \cdot 1.03 \cdot 1,03 = 0,032 \text{ êã},$$

$$Í_{ã} = 14 \cdot (0,013 + 0,8) = 11,36 \text{ ë},$$

$$À_{ý.ï.c} = 6 \cdot 0,031 = 0,186 \text{ êÂò} \cdot ÷.$$

Рассчитаем расход сварочной проволоки, защитной смеси, а так же технологической электроэнергии для шва №4:

$$M = 14,7 \cdot (0,063 + 0,063) \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 0,016 \text{ êã},$$

$$Í_{ï} = 0,016 \cdot 1.03 \cdot 1,03 = 0,017 \text{ êã},$$

$$Í_{ã} = 14 \cdot (0,007 + 0,8) = 11,3 \text{ ë},$$

$$À_{ý.ï.c} = 6 \cdot 0,016 = 0,096\ êÂò \div.$$

Рассчитаем расход сварочной проволоки, защитной смеси, а так же технологической электроэнергии затрачиваемых на прихватку:

$$M = 7,3 \cdot 0,005 \cdot 7,85 \cdot 10^{-3} = 0,0081\ êã,$$

$$Í_{ï} = 0,0081 \cdot 1,03 \cdot 1,03 = 0,009\ êã,$$

$$Í_{ã} = 9 \cdot (0,0002 + 0,02) = 0,18\ ë,$$

$$À_{ý.ï.c} = 6 \cdot 0,0081 = 0,0486\ êÂò \div.$$

Общий расход сварочной проволоки: время на проведение сварочных работ:

$$Í_{ï.Ñâ07Õ18Í9ÒÐ} = \sum Í_{ï} = 0,59\ êã. \quad (17)$$

Общий расход защитной смеси:

$$Í_{ã.î áù åå} = \sum Í_{ã} = 120,3\ ë. \quad (18)$$

Общий расход технологической электроэнергии [12]:

$$À_{ý.ï.ì.î áù åå} = \sum À_{ý.ï.ì.} = 2,19\ êÂò. \quad (19)$$

Расход сварочных материалов на годовую программу выпуска определяется по формуле [12]:

$$G_{ã} = G_{1изд} \cdot Q_{г.в.}, \quad (20)$$

где G1изд – норма расхода сварочного материала на одно изделие;

Qг.в = 100 шт. – годовая программа выпуска.

Расчет затрат на сварочные материалы проводится по формуле [12]:

$$З_{о.м.} = G_г \cdot Ц_{1изд.} \cdot k_{тр}, \quad (21)$$

где Ц1изд – цена за единицу,

ктр = 1,09 – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Представим расход сварочных материалов в виде таблицы 8.

Таблица 8 – расход сварочных материалов

Материал	Расход на одно изделие	Расход на годовую программу	Затраты на материалы, р
Защитный газ	120,3 л	12030 л	962400
Проволока Св07Х18Н9ТЮ	0,59 кг	59 кг	4800

Произведем расчет потребности в технологическом оборудовании и транспортных средствах по формуле (22) [12]:

$$m_{i.расч.} = \frac{T_i}{F_{ЭФ.ОБ.} \cdot K_{З.О}}, \quad (22)$$

где T_i – трудоемкость выполнения программы на i – той технологической операции, которая определяется по формуле (23):

$$T_i = Q_{Г.В.} \cdot t_i, \quad (23)$$

где t_i – норма времени на i – той операции в нормо·ч;

$K_{з.о.}$ – коэффициент загрузки оборудования (рабочих мест), принимается 0,7.

$$T\ (á) = 100 \cdot 3,2 = 320,$$
$$m_{ðàáî}(á) = \frac{320}{1874 \cdot 0,7} = 0,25,\ \ ï ðèí ÿò î\ \ m_{ï ðèí.} = 1,$$
$$T_1(ï ð) = 100 \cdot 1 = 100,$$
$$T_2(ï ð) = 100 \cdot 1,3 = 130,$$
$$m_{1.ðàáî}(ï ð) = \frac{100}{1874 \cdot 0,7} = 0,1,\ \ ï ðèí èì\ àåì\ \ \ m_{1.ï ðèí.} = 1,$$
$$m_{2.ðàáî}(ï ð) = \frac{130}{1874 \cdot 0,7} = 0,1,\ \ ï ðèí èì\ àåì\ \ \ m_{2.ï ðèí.} = 1.$$

Расчет потребности в силовой электроэнергии на i–той технологической операции проводится по формуле (24) [12]:

$$N_{i.сил.} = n \cdot N_{i.об.} \cdot m_{i.прин.} \cdot F_{ЭФ.ОБ.} \cdot K_{з.в.} \cdot K_{з.м.},\ кВт \cdot ч, \qquad (24)$$

где $N_{i.об.}$ – установленная мощность единицы оборудования на i–той операции, кВт·ч;

$m_{i.прин.}$ – принятое количество единиц оборудования на i–той операции;

$K_{З.В.}$, $K_{З.М.}$ – коэффициенты загрузки оборудования по мощности и времени (принимаются соответственно 0,8 и 0,6);

n – количество единиц оборудования.

$$N_{1-2.ñèë}á = 1 \cdot (22 + 50) \cdot 1 \cdot 1874 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 64765\ \ êÂò \cdot ÷,$$
$$N_{1.ñèë}ï ð = 1 \cdot (17 + 50) \cdot 1 \cdot 1874 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 60268\ \ êÂò \cdot ÷,$$

Расчет потребности в численности рабочих на i – той технологической операции проводится по формулам (25) и (26):

– для основных рабочих-сдельщиков $R^{сдел}_{i.в.р}$:

$$R^{ñäåë.}_{i.o.p.} = \frac{T_i}{F_{ä.ðàá.} \cdot k_{â.í.}}, \qquad (25)$$

где $к_{в.н.}$ – коэффициент выполнения нормы времени (при отсутствии фактических данных принимается 1,1);

$F_{д.раб.}$ – годовой действительный фонд времени рабочего (принимается 1874 ч);

– для основных рабочих повременщиков $R^{повр}_{i.в.р}$ и вспомогательных рабочих повременщиков $R_{i.в.р.}$:

$$R_{i.â.ð.} = m_{i.ï ðèí.} \cdot H_{ñì} \cdot H_{i.î áñë.} \cdot (1 + \frac{Ï_{íåâ}}{100}), \qquad (26)$$

где $Н_{см}$ – сменность работы предприятия (принята 1 смена);

$Н_{i\ обсл.}$ – норма обслуживания единицы оборудования (р.м.) на i – той технологической операции основными или вспомогательными рабочими, чел/ед.об.;

$П_{нев}$ = 10% – процент невыхода.

$$R^{ñäåë.}_{o.p.}(á) = \frac{320}{1874 \cdot 1{,}1} = 0{,}16 \div åë \approx 1 \div åë,$$

$$R_{1.o.p.}^{\text{ñäåë.}}(\text{ï ð}) = \frac{100}{1874 \cdot 1{,}1} = 0{,}05 \div \text{åë} \approx 0{,}5 \div \text{åë},$$

$$R_{2.o.p.}^{\text{ñäåë.}}(\text{ï ð}) = \frac{130}{1874 \cdot 1{,}1} = 0{,}06 \div \text{åë} \approx 0{,}5 \div \text{åë},\ \text{â ñóì ì å ï ðèí èì àåì}\ \ 1 \div \text{åë},$$

$$R_{\text{â.ð.}}(\text{á}) = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot (1 + \frac{10}{100}) = 0{,}55 \div \text{åë} \approx 1 \div \text{åë},$$

$$R_{1.\text{â.ð.}}(\text{ï ð}) = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot (1 + \frac{10}{100}) = 0{,}55 \div \text{åë},$$

$$R_{2.\text{â.ð.}}(\text{ï ð}) = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot (1 + \frac{10}{100}) = 0{,}55 \div \text{åë},\ \text{â ñóì ì å ï ðèí èì àåì}\ \ 1 \div \text{åë}.$$

Общая численность основных и вспомогательных рабочих по формуле (27):

$$R_{\text{общ.}} = R_{1.o.p.}^{\text{сдел.}} + R_{2.o.p.}^{\text{сдел.}} + R_{1.\text{в.р}} + R_{2.\text{в.р.}} \tag{27}$$

$$R_{\text{î áù .}}(\text{á}) = 1 + 1 = 2 \div \text{åë},$$

$$R_{\text{î áù .}}(\text{ï ð}) = 1 + 1 = 2 \div \text{åë}.$$

Определение потребности в административно-управленческом персонале предприятия производится на основе принятой организационной структуры и фактической потребности. Для сборочно-сварочных производств численность ИТР применяется в пределах 8–10 %, служащих 3–5 %, и МОП – 2 % от общей численности основных и вспомогательных рабочих [12].

По базовому варианту: ИТР = 0,5 чел; служащие = 0,5 чел; МОП = 0,5 чел.

Принимаем в проекте: ИТР = 0,5 чел; служащие = 0,5 чел; МОП = 0,5 чел.

– вспомогательные рабочие – (25 %…30 %) от *N*, примем 1;

– инженерно-технические рабочие – 8 % от *N*, примем 1;

– счетно-конторский персонал и МОП – 6 % от *N*, примем 1;

1.12 Планировка сварочного участка

Исходными данными для проектирования сварочных цехов и участков являются [12]:

– годовая программа выпуска сварных изделий (в штуках или тоннах металлоконструкций;

– чертежи общего вида и отдельных узлов заданного изделия, в которых приводится спецификация деталей с указанием вида материала, массы и количества деталей на одно изделие;

– технические условия на изготовление, приёмочные испытания и упаковку изделия;

– режим работы проектируемого цеха или участка и количество смен;

В основу технологической планировки сборочно-сварочного цеха должны быть положены следующие основные принципы:

– исключение возвратных движений, создающих встречные потоки и затрудняющих транспортировку обрабатываемых деталей и узлов;

– максимально возможное сокращение поперечных перемещений обрабатываемых деталей и узлов;

– стремление к прямоточному движению всего грузового потока;

– выбор кратчайших путей передачи деталей и узлов с одного рабочего места на другое.

Габаритные размеры зданий для цехов выбираются с учётом следующих факторов:

– характеристики размеров объектов производства, программы и технологического процесса;

– типов и размеров подъёмных кранов и транспортных устройств;

– требований предъявляемых к освещению, отоплению и вентиляции;

– учёта возможности дальнейшего расширения здания.

Для сборочно-сварочных цехов строятся преимущественно одноэтажные здания, так как в этом производстве применяется тяжёлое оборудование и сама продукция отличается значительным размером и весом. В целях снижения стоимости строительства промышленных зданий необходимо использовать типовые секции и пролёты, утверждённые Госстроем РФ.

Для цехов машиностроительных заводов установлены следующие размеры цеха: 144х72 и 72х72 м (продольные пролёты длинной 144 и 72 м, а поперечные шириной 18 и 84 м). Сетка колонн имеет размеры 24х12 и 18х12, где размер 12 м представляет собой шаг колонн. Таким образом, общая площадь выбранной компоновочной схемы состоит из площадей некоторого числа унифицированных типовых секций [12].

На проектируемом сборочно-сварочном участке располагаются:

– участок сборки и прихватки входящих деталей;

– участок сварки деталей полуавтоматической сваркой в среде аргона;

– участок термообработки сварных узлов;

– участок проведения рентгенографического контроля;

– стенд для проведения испытаний на прочность;

– стенд для проведения визуального и измерительного методов контроля;

– проезд для перемещения внутрицехового транспорта;

– место складирования поступающих деталей;

– место межоперационного складирования;

– место складирования готовой продукции;

– изолятор брака;

– место хранения приспособлений для сварки и оснастки;

– место складирования сварочных материалов.

С учётом требований по размещению оборудования (соблюдая рекомендуемый отступ от стен и колонн здания до оборудования который дол-

жен составлять не менее 1000 мм), его габаритных размеров, проездов внутри участка (рекомендованные для двустороннего движения с применением тележек шириной до 500 мм составляют 1500 мм), мест складирования, для размещения участка сборки и сварки коллектора топливной системы выбираем участок 12 на 12 метров в цеху с шагом внутренних колонн 12 м. Высота участка 5 м.

Планировка участка представлена на чертеже.

2 Сборочно-сварочное оборудование

2.1 Требования к сборочно-сварочному оборудованию

К конструкции сборочно-сварочных приспособлений предъявляются следующие требования [13]:

- удобство в эксплуатации (доступ к местам установки деталей, зажимным устройствам и устройствам управления, местам наложения прихваток и сварных швов, удобное положение рабочего, минимум его наклонов и хождений);

- обеспечение заданной последовательности сборки и положение швов в соответствии с разработанным технологическим процессом;

- обеспечение заданного качества сварного изделия (приспособление должно быть достаточно прочным и жестким, а закрепляемые детали оставаться в требуемом положении без деформирования их при сварке);

- возможность использования при конструировании и изготовлении сварочных приспособлений тестовых, унифицированных, нормированных и стандартных деталей, узлов и механизмов.

- приспособление должно быть ремонтно-способным, безопасным в эксплуатации, иметь достаточно высокий срок службы. Для этого следует предусматривать возможность замены быстроизнашивающихся деталей и восстановление требуемой точности приспособления.

- в конструкции приспособления следует предусматривать возможность удобной очистки элементов и деталей приспособления от брызг металла, шлака, флюса, уборки последних после сварки.

2.2 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

Сварочные приспособления обычно проектируются по методам, аналогичным методам проектирования приспособлений для механической обработки, однако от последних они отличаются способами фиксирования и закрепления деталей и изделий. Рассмотрим основные [13]:

- собираемое под сварку изделие обычно состоит из значительного числа различных деталей. Их установка в приспособление ведется последовательно, а фиксирование обычно осуществляется независимо друг от друга. Кроме того, их необходимо осуществлять либо прижимами, либо прихватками и прижимами;

- отдельные детали и места приспособлений подвержены действию местных высоких температур, брызг и капель расплавленного металла, шлака, частиц флюса и обмотки электродов;

- приспособления должны уменьшать деформирование деталей и конструкций, вызываемое температурным воздействием сварки;

- при эксплуатации приспособления не воспринимают каких-либо значительных внешних сил, кроме усилий от зажимов, собственной массы частей приспособления и массы свариваемого изделия;

- для отдельных сварных конструкций необходимо учитывать возможность некоторого свободного перемещения деталей в приспособлении (удлинение при сварке или укорочение под сварку);

- при недостаточном закреплении в процессе сварки возможно раскрытие стыков, увеличение зазоров, изменение превышения кромок и других параметров соединения, собранного под сварку;

- лучшее качество соединений и наибольшая производительность обеспечивается при сборке и сварке в нижнем положении, поэтому сварочные приспособления часто проектируются поворотными или с возможностью установки их в кантователь или вращатель.

Руководствуясь требованиями, предъявляемыми к проектированию сборочно-сварочных приспособлений и сварочному оборудованию, была разработана технологическая оснастка 2-х видов, позволяющая обеспечить сборку штуцеров и патрубка с кожухом, а затем и фиксацию всей конструкции в едином приспособлении общей сборки. Конструкция полученных устройств позволяет обеспечить минимальные зазоры и деформации, а также минимально допустимые отклонения линейных и угловых размеров деталей изделия.

2.3 Характеристика сборочно-сварочного оборудования

Сборку конструкции производят в основном двумя методами:

1. Метод последовательного наращивания отдельных элементов сборочной единицы;

2. Метод секционной сборки, когда осуществляют сборку предварительно заготовленных узлов.

В зависимости от используемого метода проектируется соответствующее приспособление. Исходными данными для этого служат чертежи деталей и изделия в целом, технические условия на изготовление и приемку изделия, а также программа их выпуска.

Применение сборочно-сварочных приспособлений увеличивает точность установки деталей, а так же гарантирует одинаковое качество всех конечных изделий, при должном обслуживании приспособления и контроле над его износом.

В данной работе в качестве способа сборки коллектора применяется секционный метод, как наиболее оптимальный, позволяющий обеспечить точность требуемых размеров на достаточно высоком уровне.

Стапель для сборки, прихватки штуцеров и патрубка к кожуху, изображенный на рисунке 7, состоит из основания 1, в центре которого расположен фиксирующий стол 4, обеспечивающий жесткость и неподвижность расположения оболочки кожуха. Неподвижность детали создается совместным прижимным действием болта 10, гайкой-барашком 11 через фиксирующую проставку 7. Для соответствия угловых размеров и прихватки патрубка с приваренным к нему фланцем, в приспособлении предусмотрен манипулятор, способный обеспечить требуемое пространственное положение, в состав которого входят трубка-фиксатор 2, плечо 3 с формообразующим торцом для установки фланца, механизм обеспечения неподвижности и жесткости патрубка, состоящий из гайки 9 и стопорного болта 6. Принципиальная схема фиксаторов штуцеров мало отличается от конструкции манипулятора.

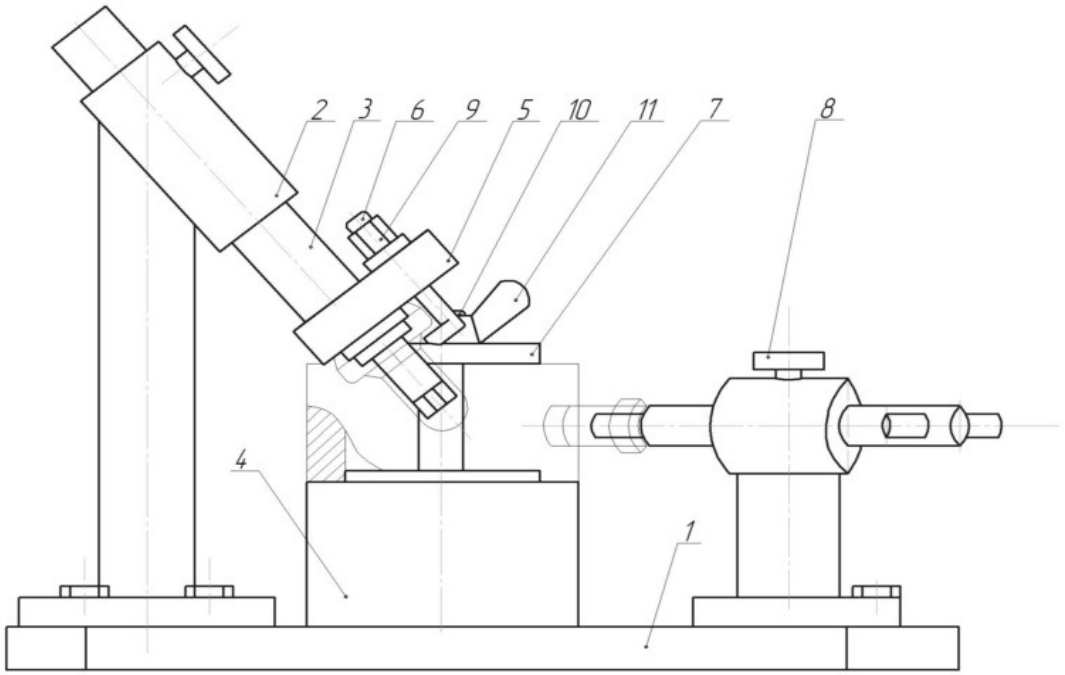

Рисунок 7 – Стапель для сборки и прихватки штуцеров и патрубка

Приспособление общей сборки, представленное на рисунке 8, состоит из трех фиксаторов-прижимов, создающих жесткое закрепление кожуха относительно обечайки коллектора, и опорной призмы 9,обеспечивающей неподвижность всей конструкции в нижней плоскости.

Конструктивное исполнение каждого фиксатора незначительно отличается друг от друга в своей сути. На основании 1 всего приспособления, жестко закреплен швеллер 6, задающий требуемое пространственное положение всего прижима, основание 8, которого через платик 7 при помощи крепежных элементов – болтов 10, соединяется со швеллером. Плечо 4 с формообразующим торцом через трубку-фиксатор 3, при условии совместного воздействия на коллектор всех трех прижимов, обеспечивает прочное закрепление элемента или узла изделия. Необходимый уровень жесткости обеспечивает величина прижимного воздействия, которая определяется выставлением поворотной рукояткой 5 плеча 4 , с последующей его фиксацией стопорным болтом 2.

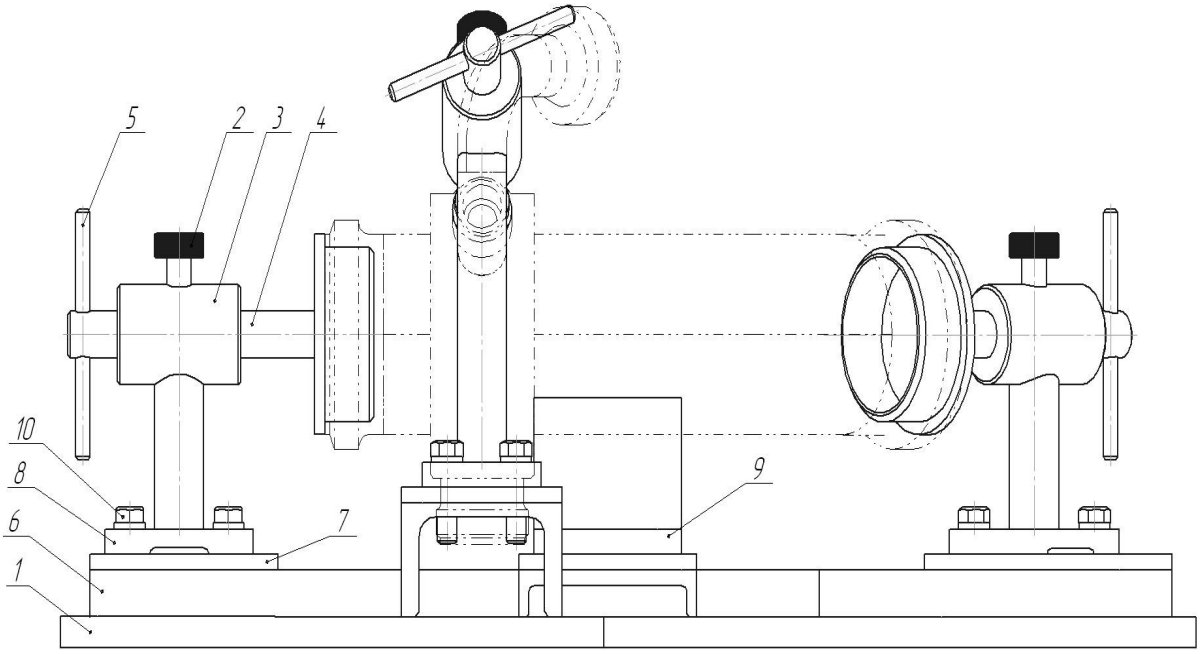

Рисунок 8 – Приспособление общей сборки

Все остальные детали, не требующие высокой точности установки, собираются вручную по предварительной разметке.

3 Экономика и организация производства

Наряду с главной целью любой деятельности по производству изделий – получением прибыли, необходимо уделить большое внимание вопросу долгосрочного и краткосрочного планирования производства, изучению рынка сбыта и перспектив реализации производимого изделия. Необходимо предусмотреть и экономически обосновать возможную замену оборудования на лучшие образцы, возможные потери от независящих товаропроизводителей условий. Всё это позволяет вывести вопрос планирования производственно-хозяйственной деятельности на качественно новый уровень.

Целью этого раздела является обоснование экономической эффективности производства коллектора топливной системы с точки зрения экономической целесообразности, а также ставится задача просчитать экономический эффект, получаемый в результате использования новых подходов в технологическом процессе, предложенных в ходе работы. С этой целью проводится сопоставление показателей, характеризующих базовый и проектируемый варианты. Проведем расчет на основании литературных данных [17].

3.1 Исходные данные

Для расчета экономической части диплома и определения экономической эффективности производства приведем в таблице 9 цены на расходные сварочные материалы, применяемые при производстве коллектора топливной системы. В таблице 10 приведем сравнение базовой и проектной части по выбору сварочного оборудования, материалов, норм времени на производство детали.

Таблица 9 – Цены на основные и расходные сварочные материалы

№ п/п	Сварочный материал	Единица измерения	Цена за единицу, руб
1	Проволока Св07Х18Н9ТЮ	кг	250
2	Защитный газ	$м^3$	140

Таблица 10 – Исходные данные для расчета экономической части

Показатели	Усл. обозн.	Наименование операций участка			
		базовый вариант		проектный вариант	
		Сборка	Сварка	Сборка	Сварка
1	2	3	4	5	6
1. Норма времени, нормо-ч.	*t*	1,2	2	1	1.3
2. Наименование, тип, модель оборудования, транспортных средств, дорогостоящего инструмента, оснастки.	–	1. Приспособление для сварки 2. Оборудование для ТО	1. УДГУ-2510 2. Агни-22М	1. Приспособление для сборки 2. Сборочное приспособление 3. Оборудование для ТО	1. ПДГ-351 2. MF-40
3. Стоимость единицы оборудования, транспортных средств, инструментов, руб.	*Ц*	1. 10000 2. 250000	1. 65000 2. 6000	1. 5000 2. 15000 3. 250000	1. 63000 2. 7000
4. Производственная площадь под единицей оборудования, м^2	*S*	1. 1 2. 4	1. 0.5 2. -	1. 0,5 2. 1 3. 4	1. 0.6 2. -
5. Установленная мощность единицы оборудования, кВт·ч	*N*	1. – 2. 50	1. 22 2. -	1. - 2. – 3. 50	1.17 2. -
6. Наименование и норма расхода используемых материалов, газов, на одно изделие, кг, м^3.	*G*	-	1. Проволока 07Х18Н9ТЮ 0,6 кг 2. ЭВЛ 0.01 кг 3. Аргон – 0.2 м^3	-	1. Проволока 07Х18Н9ТЮ 0.6 кг 2. Аргон – 0.12 м^3
7. Разряд и форма оплаты труда рабочих (основных и вспомогательных)		Основных рабочих – 5 разряд, з/п сдельная; Вспомогательных рабочих – 5 разряд, з/п повременная.	Основных рабочих – 5 разряд, з/п сдельная; Вспомогательных рабочих – 5 разряд, з/п повременная.	Основных рабочих – 5 разряд, з/п сдельная; Вспомогательных рабочих –5 разряд, з/п повременная.	Основных рабочих – 5 разряд, з/п сдельная; Вспомогательных рабочих – 5 разряд, з/п повременная.

Продолжение таблицы 10

Показатели	Усл. обо-зн.	Наименование операций участка			
		базовый вариант		проектный вариант	
		Сборка	Сварка	Сборка	Сварка
1	2	3	4	5	6
8. Норма обслуживания оборудования (раб. мест) рабочими повременщиками, чел/ед. обор.	*Нобсл.*	1	1	1	1

3.2 Расчет себестоимости сборочно-сварочных работ

Годовая потребность предприятия в разрабатываемом изделии составляет 100 шт.

$$Q_{ÃÂ.} = 100 \text{ øò},$$

$F_{ЭФ.ОБ.}$ – эффективный годовой фонд времени работы единицы оборудования при 1–сменном режиме, который рассчитывается по формуле (28):

$$F_{ЭФ.ОБ.} = t_{СМ} \cdot d \cdot (1 - \frac{k_{ппр}}{100}), \quad (28)$$

где $t_{см}$ = 8 – продолжительность смены, ч;

d = 252 – число рабочих дней в плановом периоде;

kппр = 7% – планируемые потери времени работы оборудования по графику планово-предупредительных ремонтов.

$$F_{ЭФ.ОБ.} = 8 \cdot 252 \cdot (1 - \frac{7}{100}) = 1874\ ч.$$

Расчет потребности в капитальных затратах на оборудование (р. м.) в целом на годовую программу выпуска ($К_{об}$) с учетом затрат на его транспортировку, установку и монтаж (ky.м.=1,15) проводится по формуле (29):

$$K_{об} = \sum_{i=1}^{2} Ц_{i.об.} \cdot m_{i.прин.} \cdot k_{у.м.}, \qquad (29)$$

Где $Ц_{i.об.}$ – оптовая цена единицы оборудования (р.м.), р.

$$K_{îá}(á) = (10000 + 65000 + 6000 + 250000) \cdot 1 \cdot 1{,}15 = 380650\ ð,$$
$$K_{îá}(ïð) = (5000 + 15000 + 250000 + 63000 + 7000) \cdot 1 \cdot 1{,}15 = 391000\ ð.$$

Расчет потребности в капитальных затратах на производственную площадь $К_{пл}$ определяется по формуле (30):

$$K_{пл} = S_{пл} \cdot Ц_{пл}, \qquad (30)$$

где $S_{пл}$ – площадь сварочно-сборочного участка, м^2;

$Ц_{пл}$ – цена за 1 м^2 производственной площади (принимается 10 тыс.р.).

$$K_{ïë}(á) = 144 \cdot 10000 = 1440000\ ð,$$
$$K_{ïë}(ïð) = 144 \cdot 10000 = 1440000\ ð.$$

Расчет амортизационных отчислений от балансовой стоимости оборудования $З_{ам.об.}$ производится по формуле (31):

$$З_{ам.об.} = K_{об} \cdot H_{i.ам.}, \quad (31)$$

где $Н_{i\ ам.}$ = 20% – норма амортизационных отчислений от стоимости оборудования (р.м.).

$$Ñóì.îá.(á) = 380650 \cdot 0,2 = 76130\ ð,$$
$$Ñóì.îá.(ïð) = 391000 \cdot 0,2 = 78200\ ð.$$

Расчет амортизационных отчислений от стоимости производственной площади производится по формуле (32):

$$З_{ам.пл.} = K_{пл} \cdot H_{ам.пл.}, \quad (32)$$

где $Н_{ам.\ пл.}$ – норма амортизационных отчислений от стоимости производственной площади, % (принимается 4 %).

$$Ñóì.ïë.(á) = 1440000 \cdot 0,04 = 57600\ ð,$$
$$Ñóì.ïë.(ïð) = 1440000 \cdot 0,04 = 57600\ ð.$$

Расчет затрат на силовую и технологическую электроэнергию производится по формулам (33) и (34):

$$З^{эн}_{сил} = \sum_{i=1}^{2} N_{i.сил.} \cdot Ц_{1кВт/ч}, \tag{33}$$

$$З^{эн}_{тех} = \sum_{i=1}^{2} N_{i.тех.} \cdot Ц_{1кВт/ч}, \tag{34}$$

где $Ц_{1кВт/ч}$ – цена 1кВт/ч электроэнергии (принимаем 5 р).

$$Ç^{ýí}_{ñèë}(á) = 64765 \cdot 5 = 323825\ ð,$$
$$Ç^{ýí}_{ñèë}(ïð) = 60268 \cdot 5 = 301340\ ð,$$
$$Ç^{ýí}_{ôåõ}(á, ïð) = 220 \cdot 5 = 1100\ ð,$$

Расчет затрат на оплату труда включает расчет основной заработной платы, дополнительной заработной платы и отчислений на социальные нужды для каждой категории работающих на предприятии.

Для основных рабочих-сдельщиков определяется по формуле (35), (36) и (37):

$$З^{осн.}_{о.р.сд.} = Q_{Г.В.} \sum_{i=1}^{2} t_i \cdot C_{i.ч.} \cdot k_{прем.}, \tag{35}$$

$$З^{доп.}_{о.р.сд.} = З^{осн.}_{о.р.сд.} \cdot \frac{П_{доп.}}{100}, \tag{36}$$

$$З^{с.н.раб.}_{о.р.сд.} = (З^{осн.}_{о.р.сд.} + З^{доп.}_{о.р.сд.}) \cdot \frac{П_{с.н.}}{100}, \tag{37}$$

где $C_{iч.}$= 45 р. – часовая тарифная ставка основного рабочего-сдельщика 5-го разряда;

$к_{прем.}$ – коэффициент, учитывающий доплаты рабочим в виде премии (принимается 1,4);

$П_{доп}$ – процент к дополнительной заработной плате (20 %);

$П_{с.н.}$ – процент отчислений на социальные нужды (30 %).

$$Ç^{\hat{i}\,\tilde{n}\acute{i}\,.}_{\hat{i}\,.\,\eth.\tilde{n}\ddot{a}.}(\acute{a}) = 100 \cdot (1,2 + 2) \cdot 45 \cdot 1,4 = 20160\ \eth,$$

$$Ç^{\hat{i}\,\tilde{n}\acute{i}\,.}_{\hat{i}\,.\,\eth.\tilde{n}\ddot{a}.}(\ddot{i}\,\eth) = 100 \cdot (1 + 1,3) \cdot 45 \cdot 1,4 = 14490\ \eth,$$

$$Ç^{\ddot{a}\hat{i}\,\ddot{i}\,.}_{\hat{i}\,.\,\eth.\tilde{n}\ddot{a}.}(\acute{a}) = 20160 \cdot \frac{20}{100} = 4032\ \eth,$$

$$Ç^{\ddot{a}\hat{i}\,\ddot{i}\,.}_{\hat{i}\,.\,\eth.\tilde{n}\ddot{a}.}(\ddot{i}\,\eth) = 14490 \cdot \frac{20}{100} = 2898\ \eth,$$

$$Ç^{\tilde{n}.\acute{i}\,.\,\eth\grave{a}\acute{a}.}_{\hat{i}\,.\,\eth.\tilde{n}\ddot{a}.}(\acute{a}) = (20160 + 4032) \cdot \frac{30}{100} = 7258\ \eth,$$

$$Ç^{\tilde{n}.\acute{i}\,.\,\eth\grave{a}\acute{a}.}_{\hat{i}\,.\,\eth.\tilde{n}\ddot{a}.}(\ddot{i}\,\eth) = (14490 + 2898) \cdot \frac{30}{100} = 5216\ \eth.$$

Для основных и вспомогательных рабочих повременщиков по формуле (38):

$$З^{осн.}_{пов.} = \sum_{i=1}^{2} R_{i.в.р.повр.} \cdot F_{д.раб.} \cdot C_{i.ч.} \cdot k_{пр.}, \qquad (38)$$

где $C_{iч.}$= 45 р. – часовая тарифная ставка рабочего-повременщика 5-го разряда.

$$Ç^{\hat{i}\,\tilde{n}\acute{i}\,.}_{\hat{i}\,\hat{i}\,\hat{a}.}(\acute{a}) = 1 \cdot 1874 \cdot 45 \cdot 1,4 = 118062\ \eth$$

$$Ç^{\hat{i}\,\tilde{n}\acute{i}\,.}_{\hat{i}\,\hat{i}\,\hat{a}.}(\ddot{i}\,\eth) = 1 \cdot 1874 \cdot 45 \cdot 1,4 = 118062\ \eth..$$

Дополнительная заработная плата и отчисления на социальные нужды для рабочих-повременщиков рассчитываются аналогично расчету для рабочих сдельщиков.

$$Ç^{äîï.}_{ñâ.ð.ïîâð.}(á,ïð) = 118062 \cdot \frac{20}{100} = 23612\ ð,,$$

$$Ç^{ñí.ðàá.}_{ñâ.ð.ïîâð.}(á,ïð) = (118062 + 23612) \cdot \frac{30}{100} = 42502\ ð$$

Заработная плата ИТР, служащих и МОП определяется на основании штатного расписания и месячного оклада (ставки) по каждой должности. Премии ИТР и служащих на предприятиях не включается в фонд оплаты труда, однако для расчета средней заработной платы их необходимо учесть.

В дополнительную заработную плату ИТР, служащих, МОП включается оплата отпусков (для ИТР - 1 месяц, для служащих - 0,8 месяца).

Заработная плата ИТР за год определяется по формулам (39), (40) и (41):

$$З^{осн.}_{ИТР} = R_{ИТР} \cdot З_{окл.} \cdot 11 \cdot к_{пр.}, \quad (39)$$

$$З^{доп.}_{ИТР} = З^{осн.}_{ИТР} \cdot \frac{П_{доп.}}{100}, \quad (40)$$

$$З^{с.н.}_{ИТР} = (З^{осн.}_{ИТР} + З^{доп.}_{ИТР}) \cdot \frac{П_{с.н.}}{100}. \quad (41)$$

где $R_{ИТР}$ = 0,5 чел – численность ИТР, требуемая предприятию для выполнения годовой программы;

Зокл. = 7000 р. – принятый среднемесячный оклад одного ИТР;

$к_{пр.}$ = 1,4 – принятый коэффициент премирования;

$П_{доп.}$ = 20% – процент на дополнительную зарплату;

$П_{с.м.}$ = 30% – отчисления на социальные нужды.

$$З^{осн.}_{ИТР}(б, пр) = 0,5 \cdot 7000 \cdot 11 \cdot 1,4 = 53900\ р,$$
$$З^{доп.}_{ИТР}(б, пр) = 53900 \cdot \frac{20}{100} = 10780\ р,$$
$$З^{с.н.}_{ИТР}(б, пр) = (53900 + 10780) \cdot \frac{30}{100} = 19404\ р.$$

При расчете среднемесячной заработной платы ИТР, служащих и МОП оплата отпусков не учитывается.

Аналогично рассчитываются затраты на оплату труда служащим и МОП по формулам (42), (43), (44) и (45), (46), (47).

$$З^{осн.}_{служ.} = R_{служ.} \cdot З^{служ}_{окл.} \cdot 11 \cdot к_{пр.}, \quad (42)$$

$$З^{доп.}_{служ.} = З^{осн.}_{служ.} \cdot \frac{П_{доп.}}{100}, \quad (43)$$

$$З^{с.н.}_{служ.} = (З^{осн.}_{служ.} + З^{доп.}_{служ.}) \cdot \frac{П_{с.н.}}{100}, \quad (44)$$

где $З^{служ.}_{окл.} = 4700\ р$ – принятый среднемесячный оклад служащего.

$$З^{осн.}_{служ.}(б,пр) = 0,5 \cdot 4700 \cdot 11 \cdot 1,4 = 36190\ р,$$

$$З^{доп.}_{служ.}(б,пр) = 36190 \cdot \frac{20}{100} = 7238\ р,$$

$$З^{с.н.}_{служ.}(б,пр) = (36190 + 7238) \cdot \frac{30}{100} = 13028,4\ р.$$

$$З^{осн.}_{МОП.} = R_{МОП} \cdot З^{МОП}_{окл.} \cdot 11 \cdot к, \quad (45)$$

$$З^{доп.}_{МОП.} = З^{осн.}_{МОП.} \cdot \frac{П_{доп.}}{100}, \quad (46)$$

$$З^{с.н.}_{МОП.} = (З^{осн.}_{МОП.} + З^{доп.}_{МОП.}) \cdot \frac{П_{с.н.}}{100}, \quad (47)$$

где $З^{МОП}_{окл.} = 4200\ р$ – принятый средний месячный оклад одного МОП.

$$З^{осн.}_{МОП.}(б,пр) = 0,5 \cdot 4000 \cdot 11 \cdot 1,4 = 30800\ р,$$

$$З^{доп.}_{МОП.}(б,пр) = 30800 \cdot \frac{20}{100} = 6160\ р,$$

$$З^{с.н.}_{МОП.}(б,пр) = (30800 + 6160) \cdot \frac{30}{100} = 11088\ р.$$

Среднемесячная заработная плата рабочих, ИТР, служащих и МОП по формуле (48):

$$З_{с.м.} = \frac{З^{осн} + З^{доп}}{12 \cdot R_{общ}}, \quad (48)$$

$$Ç^{îñí}_{ñì.ðàá.}(á) = \frac{20160 + 4032}{12 \cdot 1} = 2016 \ ð,$$

$$Ç^{îñí}_{ñì.ðàá.}(ïð) = \frac{14490 + 2898}{12 \cdot 1} = 1449 \ ð,$$

$$Ç^{âñïï}_{ñì.ðàá.}(á, ïð) = \frac{118062 + 23612}{12 \cdot 1} = 11806 \ ð,$$

$$Ç_{ñì.ÈÒÐ}(á, \ ïð) = \frac{53900 + 10780}{12 \cdot 0,5}$$

$$Ç_{ñì.ñëóæ.}(á, \ ïð) = \frac{36190 + 7238}{12 \cdot 0,5}$$

$$Ç_{ñì.Ï Î Ï}(á, \ ïð) = \frac{30800 + 6160}{12 \cdot 0.5}$$

После расчетов составляется сводная таблица годового фонда оплаты труда работающих предприятия (таблица 11).

Таблица 11 – Ведомость фондов оплаты труда работающих

Категория работающих		Основная зарплата, р.	Дополнительная зарплата, р	Отчисления на социальные нужды, р.	Среднемесячная зарплата, р
Основные рабочие-сдельщики	б.	20160	4032	7258	2016
	пр.	14490	2898	5216	1449
Вспомогательные рабочие-повременщики	б.	118062	23612	42502	11806
	пр.	118062	23612	42502	11806
ИТР	б./пр.	53900	10780	19404	10780
Служащие	б./пр.	36190	7238	13028	7238

МОП	б./пр.	30800	6160	11088	6160

Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования проводится в соответствии с таблицей 12.

Таблица 12 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, р

Наименование статей затрат	Сумма	
	База	Проект
1. Амортизация оборудования и транспортных средств	76130	78200
2. Эксплуатация оборудования	546066	524616
3. Текущий ремонт оборудования, транспортных средств и дорогостоящего инструмента	19033	19550
4. Внутризаводские перемещения	11420	11730
5. Износ малоценного и быстроизнашивающегося инструмента	11420	11730
6. Прочие расходы	11420	11730
ИТОГО:	675489	657556

В статью 1 таблицы 12 включаются затраты на амортизацию оборудования, транспортных средств дорогостоящего инструмента.

В статью «Эксплуатация оборудования» следует отнести затраты на вспомогательные материалы, потребляемые в процессе эксплуатации оборудования (принимаются в размере 0,1 % от стоимости оборудования), силовую электроэнергию, расходуемую для приведения в действие машин и осуществление технологического процесса, а также заработную плату основным и вспомогательным рабочим (наладчикам, электрикам, транспортным рабочим, дежурным слесарям) основную, дополнительную и отчисления на социальные нужды.

Затраты на текущий ремонт оборудования, транспортных средств и дорогостоящего инструментов включают расходы на проведение малых ремонтов и осмотров

и укрупнено определяются как 5 % от суммы капитальных затрат на оборудование, транспортные средства и дорогостоящий инструмент

Укрупнено статьи 4, 5 и 6 таблицы 4 определяются по 3 % от суммы капитальных затрат на оборудование, транспортные средства.

Расчет цеховых расходов проводится в соответствии со статьями, указанными в таблице 13.

В статью 1 таблицы 13 включается сумм затрат на основную и дополнительную заработную плату ИТР, служащим, МОП, запланированным для выполнения годовой производственной программы на предприятии.

В статью 2 таблицы 13 включается сумма отчислений на социальные нужды для ИТР, служащих, МОП.

В статью 3 таблицы 13 включаются затраты на амортизацию от капитальных затрат на производственную и служебно-бытовую площадь предприятия.

В статью 4 таблицы13 относятся затраты на отопление, освещение и текущий ремонт зданий предприятия. Укрупнено эта статья рассчитывается как 3 % от величины капительных затрат на площадь.

Статьи 5, 6 и 7 рассчитываются укрупнено исходя из опыта предприятия как 300 р., 1000 р. и 200 р., соответственно, на одного работающего на предприятии в год.

Таблица 13 – Смета цеховых расходов, р

Наименование статей затрат	Сумма	
	База	Проект
1. Заработная плата (основная и дополнительная):		
а) ИТР	64680	64680

б) МОП и служащих	80388	80388
2. Отчисления на социальные нужды	43520	43520
3. Амортизация зданий, сооружений, инвентаря	57600	57600

Продолжение таблицы 13

Наименование статей затрат	Сумма	
	База	Проект
4. Содержание и текущий ремонт зданий	43200	43200
5. Испытания, опыты, исследования, рационализация и изобретательство	300	300
6. Охрана труда	1000	1000
7. Износ малоценного и быстроизнашивающегося инвентаря	200	200
ИТОГО	290888	290888

Расчет полной себестоимости и продажной цены на сборочно-сварочные работы одного изделия проводится с помощью таблицы 14.

Таблица 14 – Калькуляция полной себестоимости и продажной цены сборочно-сварочных работ одного изделия, р

Наименование статей	Сумма	
	База	Проект
1. Сырье и материалы (с учетом транспортно-заготовительных расходов)	213	167

2. Покупные изделия и полуфабрикаты	–	–
3. Возвратные отходы (вычитаются)	–	–
4. Топливо и энергия на технологические цели	22	22
5. Основная заработная плата производственных рабочих	202	145
6. Дополнительная заработная плата производственных рабочих	40	29
7. Отчисления на социальные нужды	73	52
8. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	6755	6576

Продолжение таблицы 14

9. Цеховые расходы	2909	2909
10. Общезаводские расходы	142	102
Итого производственная себестоимость	10356	10002
11. Внепроизводственные расходы	518	500
Итого полная себестоимость	10874	10502
12. Плановая прибыль	2719	3091
13. Оптовая цена предприятия	13593	
14. НДС (18% от оптовой цены предприятия)	2447	
15. Отпускная (продажная) цена сборочно-сварочных работ	16040	

В статью 1 включаются затраты на основные и вспомогательные материалы, необходимые для выполнения сборочно-сварочных и других технологических операций, с учетом транспортно-заготовительных расходов на одно изделие (Зм), рассчитываются по формуле (49):

$$З_м = \frac{З_{с.м.}}{Q_{Г.В.}}, \qquad (49)$$

$$Ç_ì\ (á) = \frac{2800 + 3500 + 15000}{100} = 213\ ð.$$

$$Ç_ì\ (ï\ ð) = \frac{1680 + 15000}{100} = 167\ ð.$$

В статью 2 включаются затраты на покупные изделия и полуфабрикаты, используемые при выполнении сборочно-сварочных работ над изделием.

Возвратные отходы учитываются в случаях их наличия при выполнении операций. Затраты на них вычитаются из себестоимости обработки изделия.

В статью 4 включаются затраты на электроэнергию, расходуемую на операциях на технологические цели ($З_{эн.техн.}$). Рассчитываются по формуле (50):

$$З_{эн.техн.} = \frac{З_{эн.}^{техн.}}{Q_{Г.В.}}, \quad (50)$$

$$Ç_{ýí.òåõí.}(á, ïð) = \frac{2200}{100} = 22\ ð.$$

В статью 5 включаются затраты на основную заработную плату основным производственным рабочим при обработке одного изделия ($З_{осн.}$) по формуле (51).

$$З_{осн.} = \frac{З_{о.р.сд.}^{осн.}}{Q_{Г.В.}}, \quad (51)$$

$$Ç_{ïñí.} = \frac{20160}{100} = 202\ ð(á),$$
$$Ç_{ïñí.} = \frac{14490}{100} = 145\ ð(ïð).$$

Статьи 6 и 7 рассчитываются в процентах. Соответственно 20 % от пункта 5 и 30 % от суммы затрат по пункту 5 и пункту 6.

В статью 8 входят итоговые расходы таблицы 3.4, приходящиеся на одно изделие по формуле (52).

$$З_{об} = \frac{З_{об}'}{Q_{г.в}}, \quad (52)$$

$$Ñ_{ñò.á}á = \frac{675489}{100} = 6755 \ ð,$$

$$Ñ_{ñò.á}ï ð = \frac{657556}{100} = 6576 \ ð.$$

В статью 9 входят итоговые расходы таблицы 3.5, приходящиеся на одно изделие по формуле (53).

$$З_{цех} = \frac{З_{цех}'}{Q_{г.в}}, \quad (53)$$

$$Ñ_{îáùåõ}(á, ï ð) = \frac{290888}{100} = 2909 \ ð.$$

В статью 10 входят затраты, рассчитываемые как 70 % от статьи 5 таблицы 14.

В статью 11 включаются затраты, рассчитываемые как 5 % от производственной себестоимости.

Далее определяем полную себестоимость по базовому $Сп_{баз}$ и проектируемому $Сп_{пр}$ вариантам путем суммирования всех статей затрат с 1 по 10 за вычетом статьи 3 таблицы (вычет возвратных отходов). Себестоимость по проектируемому варианту должна быть меньше, чем по базовому варианту.

Определим плановую прибыль для базового варианта (рассчитываем как 25 % от полной себестоимости) по формуле (54):

$$Пр_{баз} = 0{,}25 \cdot Сп_{баз},, \quad (54)$$

$$Пр_{баз} = 0{,}25 \cdot 10874 = 2719 \text{ р.}$$

Оптовая цена предприятия за услуги по выполнению сборочно-сварочных работ для одного изделия по базовому и проектируемому вариантам одинакова (статья 13 таблицы 14) и рассчитывается по формуле (55):

$$Ц_{опт.} = Сп_{баз} + Пр_{баз}, \quad (55)$$

$$Ц_{опт.} = 10874 + 2719 = 13593 \text{ р.}$$

Плановая прибыль для проектируемого варианта по формуле (56):

$$Пр_{пр} = Ц_{опт} – С_{ппр}, \quad (56)$$

$$Пр_{пр} = 13593 – 10502 = 3091 \text{ р.}$$

Отпускная цена предприятия за услуги по выполнению сборочно-сварочных работ для одного изделия $Ц_{прод.}$ рассчитывается по формуле (57):

$$Ц_{прод.} = Ц_{опт.} + НДС, \quad (57)$$

$$Ц_{прод.} = 13593 + 2447 = 16040 \text{ р.}$$

где НДС – налог на добавочную стоимость, составляет 18 % от оптовой цены предприятия (статья 14 таблицы 14).

3.3 Обоснование экономической эффективности

Итоговые финансовые показатели работы предприятия являются выручка от реализации продукции, затраты на производство, фондоотдача, рентабельность производства и срок окупаемости затрат.

Капитальные затраты на создание и внедрение проектируемого и базового вариантов К рассчитываются на годовой объем производства по формулам (58) и (59):

$$K^{пр} = K_{об}^{пр} + K_{пл}^{пр} + K_{сопр} + K_{пп}, \quad (58)$$

$$K^{баз} = K_{об}^{баз} + K_{пл}^{баз}, \quad (59)$$

где $K_{об}$ – капитальные затраты на оборудование и транспортные средства ;

$K_{пл}$ – капитальные затраты на производственную площадь ;

$K_{сопр}$ – сопряженные капитальные затраты, связаны с необходимыми изменениями на смежных участках производства для обеспечения требуемого качества функционирования проектируемого варианта (принимаются 10 % от $K_{об}$);

$K_{пп}$ – капитальные затраты на подготовку производства и внедрение проектируемого варианта (принимаются 10 % от $K_{об}$).

$$\hat{E}_{i\,\partial} = 380650 + 1440000 + 38065 + 38065 = 1896780 \ \partial,$$
$$\hat{E}_{\acute{a}} = 391000 + 1440000 = 1831000 \ \partial.$$

Прибыль от реализации продукции $Пр_{реал}$. определяется по формуле (60):

$$Пр_{Г.В.} = Пр^{пр} \cdot Q_{Г.В.}, \quad (60)$$

$$Ï ð_{áàç} = 2719 \cdot 100 = 271900 \ ð,$$
$$Ï ð_{ï ð} = 3091 \cdot 100 = 309100 \ ð,$$
$$\Delta Ï ð = 309100 - 271900 = 37200 \ ð.$$

где $Пр_{пр}$, $Пр_{баз}$ – прибыль от реализации продукции по проектируемому и базовому вариантам;

Уровень рентабельности производства $У_{рент.}$ рассчитывается по формуле (61):

$$У_{рент.} = \frac{Пр}{C_п} \cdot 100, \quad (61)$$

$$Ó_{ðåí ò.á} = \frac{2719}{10874} \cdot 100 = 25\ \%,$$
$$Ó_{ðåí ò.ï ð} = \frac{3091}{10502} \cdot 100 = 29\ \%.$$

Фондоотдачи Ф проектируемого и базового вариантов по формуле (62):

$$Ф = \frac{Q_{гв}}{K}, \quad (62)$$

$$\hat{O}_{ïð} = \frac{100}{1896780} = 0,000053 \quad ø ò / ð,$$

$$\hat{O}_{á} = \frac{100}{1831000} = 0,000055 \quad ø ò / ð.$$

Изменение фондоотдачи ΔФ по формуле (63):

$$\Delta Ф = \frac{Ф_{пр}}{Ф_{б}} \cdot 100 - 100, \tag{63}$$

$$\Delta \hat{O} = \frac{0,000053}{0,000055} \cdot 100 - 100 = -4\ \%,$$

где $Ф_{пр}$, $Ф_{б}$ – фондоотдача проектируемого и базового вариантов.

Съем продукции с 1м^2 производственной площади по формуле (64):

$$A = \frac{Q_{гв}}{\sum_{i=1}^{n} S_i пл}, \tag{64}$$

$$\grave{A}_{á} = \frac{100}{144} = 0,69 \quad ø ò / ì^{2},$$

$$\grave{A}_{ïð} = \frac{100}{144} = 0,69 \quad ø ò / ì^{2},$$

где $А_{пр}$, $А_{б}$ – съем продукции с 1 м^2 производственной площади проектируемого и базового вариантов.

Годовая экономия текущих затрат ($Э_{т.з.}$) определяется в результате сопоставления текущих затрат по базовому и проектируемому вариантам на годовой объем производства по формуле (65):

$$Э_{т.з.} = (C_п^{баз} - C_п^{пр}) \cdot Q_{Г.В}, \quad (65)$$

$$Ý_{ò.ç.} = (10874 - 10502) \cdot 100 = 37200 \ ð.$$

ΔK – дополнительные капитальные затраты, рассчитываемые по формуле (66):

$$\Delta K = K^{пр} - K^{баз}, \quad (66)$$

$$\Delta \hat{E} = 1896780 - 1831000 = 65780 \ ð,$$
$$Ý_{ã} = 37200 - 0{,}15 \cdot (65780) = 27333 \ ð.$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных затрат (Ток) и обратная его величина – коэффициент экономической эффективности (Е) рассчитываются в случаях, когда Кпр > Кбаз по формулам (67) и (68):

$$Ò_{îê} = \frac{\Delta \hat{E}}{Ý_{ò.ç.}} = \frac{65780}{37200} = 1{,}8; \quad (67)$$

$$Å = \frac{Ý_{ò.ç.}}{\Delta \hat{E}} = \frac{37200}{65780} = 0{,}6 \quad (68)$$

Проектируемый вариант будет экономически эффективным, если:

годовой экономический эффект имеет положительную величину $Ý_{ã} > 0$;

срок окупаемости меньше, либо равен нормативному значению, т.е. $Ò_{îê} \le Ò_{îê_í} = 6,7$ лет;

коэффициент экономической эффективности больше или равен нормативному, т.е. $Å \ge Å_í = 0,15$.

Таблица 15 – Результаты оценки и анализа экономической эффективности внедрения в производство проектируемого варианта

Наименование показателей	Базовый	Проектный вариант	Характер изменений
1. Годовая производственная программа,	100	100	–
2. Капитальные затраты, р.	1831000	1896780	+ 65780
3. Текущие затраты (полная себестоимость) на сборочно-сварочные работы, р.	10874	10502	– 372
4. Продажная (отпускная) цена, р.	16040	16040	–
5. Прибыль от реализации, р.	271900	309100	+ 37200
6. Уровень рентабельности, %	25	29	+ 4 %
7. Фондоотдача, шт/р.	0,000053	0,000055	– 4 %
8. Съем продукции с 1 м^2, шт/м^2	0,69	0,69	–
9. Годовая экономия текущих затрат, р.	37200		
10. Годовой экономический эффект, р.	27333		
11. Срок окупаемости, г	1,8		

4 Охрана труда и техника безопасности

4.1 Цели и задачи охраны труда

Охрана труда – система обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, санитарно-гигиенические, психофизические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия. Функциями охраны труда являются исследования санитарии и гигиены труда, проведение мероприятий по снижению влияния вредных факторов на организм работников в процессе труда. Основным методом охраны труда является использование техники безопасности. При этом решаются две основные задачи: создание машин и инструментов, при работе с которыми исключена опасность для человека, и разработка специальных средств защиты, обеспечивающих безопасность человека в процессе труда, а также проводится обучение работающих безопасным приемам труда и использования средств защиты, создаются условия для безопасной работы.

Основная цель улучшения условий труда – достижение социального эффекта, т.е. обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение количества несчастных случаев и заболеваний на производстве.

Улучшение условий труда дает и экономические результаты: рост прибыли (в связи с повышением производительности труда); сокращение затрат, связанных с компенсациями за работу с вредными и тяжелыми условиями труда; уменьшение потерь, связанных с травматизмом, профессиональной заболеваемостью; уменьшением текучести кадров и т.д.

4.2 Анализ возможности негативного влияния проектируемого технологического процесса на окружающую среду и человека

Санитарно-гигиенические условия и обязательные мероприятия по технике безопасности регламентируются "Системой стандартов безопасности труда", "Пра-

вилами техники безопасности и производственной санитарии" при выполнении отдельных видов работ, "Правилами устройств и безопасной эксплуатации" отдельных видов оборудования, едиными требованиями безопасности к конструкциям оборудования, различными инструкциями, указаниями и другими документами. Все лица, поступающие на работу, связанную со сваркой, должны проходить предварительные и периодические медицинские осмотры.

Выполнение сварочных работ при неправильной организации производства и труда приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов.

К этим факторам относятся:

- повышенная запылённость или загазованность воздуха рабочей зоны;

- излучение сварочной дуги;

- шум.

Основными профессиональными заболеваниями сварщиков являются пневмониоз и интоксикация марганцем, характер развития которых и тяжесть течения зависят от концентрации и содержание аэрозоля в зоне дыхания сварщика.

Министерством здравоохранения РФ установлены нормы допустимых концентраций (ДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны и количество воздуха, необходимое для растворения вредных аэрозолей до ДК.

Скорость движения воздуха, создаваемого местными отсосами у источников выделения вредных веществ равняется 0,5 м/с. Для вентиляции участка применяют приточную систему вентиляции.

К работам по электросварке могут быть допущены квалифицированные электросварщики в возрасте не моложе 18 лет, которые прошли медицинское освидетельствование при приеме на работу.

Каждый рабочий может быть допущен к работе только после того, как прошел:

- вводный (общий) инструктаж по охране труда;

- инструктаж по технике безопасности непосредственно на рабочем месте.

Инструктаж на рабочем месте необходимо проводить:

- периодически, не реже одного раза в квартал;

- при каждом изменении условий работы;

- при совмещении профессий;

- при переводе на другую работу;

- в случаях нарушения правил инструкций по технике безопасности для данного вида работ.

Применение открытого газового пламени, открытых дуг и струй плазмы, наличие брызг жидкого металла и шлака при сварке и резке не только делают ожоги, но и повышают угрозу возникновения пожаров, особенно, когда применяются электрододержатели, не соответствующие ГОСТ.

При организации и выполнении различных работ в сварочном производстве необходимо исключать опасные факторы, а если это оказывается невозможным, затрудненным технически, то нужны меры по их нейтрализации и защите от них. В сварочном производстве опасны вредные вещества, находящиеся в воздухе рабочей зоны. По степени воздействия на организм человека их делят на четыре класса: 1 - чрезвычайно опасные; 2 - высокоопасные; 3 - умеренно опасные; 4 - малоопасные.

Состояние изоляции проводов должно соответствовать "Правилам устройства электроустановок" (ПЭУ). Сопротивление изоляции проверяется не реже одного раза в месяц, а состояние подвижных контактов и клемм – не реже одного раза в три дня. Напряжение холостого хода на зажимах выпрямителей не должно превышать 110 В. Сварочные машины должны находиться под наблюдением специалистов, установку и ремонт их должны производить только электромонтёры.

Обработку швов рабочие должны выполнять в защитных очках.

Запрещается находиться под краном во время перемещения на нем изделия.

Корпус любого источника питания сварочной установки необходимо надежно заземлять болтом диаметром от 6 до 8 мм. Помимо заземления сварочного оборудования нужно непосредственно заземлять тот зажим вторичной обмотки сварочного трансформатора, к которому присоединяется проводник, идущий к изделию (обратный провод).

На органах управления сварочным оборудованием должны быть четкие надписи или условные знаки, указывающие их функциональное назначение.

Для стационарно установленных светильников местного освещения напряжение не должно превышать 36 В, а для переносных светильников минус 12 В.

Ток величиной 0,1 А считается смертельно опасным для человека.

Электросварщики, кроме средств индивидуальной защиты, предусмотренных типовыми отраслевыми нормами, должны пользоваться также защитными ковриками, защитными козырьками и шлемами.

Перед началом работ такелажные приспособления (мостовой кран, стяжки) следует подвергать техническому осмотру. Результаты осмотра должны фиксироваться в журналах учета и осмотра.

Запрещается работа на установке с незакрепленными механическими, электрическими узлами и их элементами со снятыми или открытыми крышками, способствующими доступу к токоведущим частям.

Вышедшую из строя электроаппаратуру разрешается ремонтировать только электромонтерам и электрослесарям. Оператору без соответствующего удостоверения выполнять эту работу запрещается.

В случае перемещения установки обслуживающему персоналу необходимо принимать меры против повреждения изоляции токоведущих проводов, а также против соприкосновения проводов с водой, маслом, стальными материалами.

4.3 Защитные мероприятия

Пренебрежение защитными мероприятиями в сварочном производстве, либо отсутствие информации о степени вредности отдельных выделений приводит к тяжелым последствиям по зрению, ожогам и другим серьезным расстройствам здоровья.

Для защиты тела рабочего от тепловых и других воздействий применяется специальная одежда и специальная обувь.

Защита органов дыхания в необходимых случаях осуществляется применением различных респираторов и даже, иногда, противогазов.

В последние годы передовые предприятия начали применять маски сварщика с подачей в них чистого воздуха.

При дуговой сварке и плазменной резке применяют щитки, маски сварщика, которые изготовляются по ГОСТ 361-69. Каждый щиток или маска имеет защитный светофильтр (темное стекло) по ГОСТ 9411-75, оптическую плотность которого подбирают в зависимости от величины сварочного тока. Для предохранения от загрязнения и брызг металла светофильтр закрывают обычным прозрачным сменным стеклом.

В соответствии с характером выполняемой работы сварщиком выдаётся спецодежда и спецобувь для защиты от брызг расплавленного металла, тепловых, механических и других воздействий. Одежда должна быть из специального лёгкого негорючего материала, специальные ботинки с носками, защищенными металлическими пластинками и боковой застёжкой, исключающей попадание искр и капель металла, рукавицы однопалые с кропами из кожевенного спилка.

Для защиты лица и глаз от действия лучистой дуги, а так же брызг расплавленного металла, сварщики обеспечивают щитками и масками, а вспомогательные рабочие – очкам. При дуговой электросварке применяют щитки по ГОСТ 124035-78 со светофильтром по ГОСТ 9411-81. С наружной стороны светофильтр закрывают прозрачным стеклом, которое меняют по мере загрязнения.

Для защиты глаз и лица рабочих при выполнении полуавтоматической сварки используют маски со светофильтром Э-3.

При индивидуальной защите от шума применяют вкладыши, наушники, шлемы.

Особо следует остановиться на приточно-вытяжной вентиляции сварочных постов в цехах.

Традиционно в России применяется вытяжка из цеха и выброс в атмосферу загрязненного цехового воздуха. Но в зимний период выбрасываемый воздух уже прошел стадию отопительного подогрева и практически выбрасывается тепловая энергия. Вновь поданный в цех приточный воздух снова подвергается подогреву.

Для очистки воздуха используем систему местного дымоотсоса с химической и механической нейтрализацией всех аэрозольных вредных веществ внутри небольшого устройства. Схема очень похожа на работу бытового пылесоса, с той лишь разницей, что в корпусе дымоотсоса устанавливаются фильтры и химически активные сменные пластины-блоки. В фильтрах задерживается вся пыль, а химически вредные вещества нейтрализуются, проходя через блок-пластины, и на выхлопе (выходе) воздух очень чистый и слегка озонирован, как после грозы.

4.4 Расчет вытяжной вентиляционной системы

Произведем подробный расчет вентиляционной системы для местной очистки воздуха непосредственно на рабочем месте сварщика, представляющей собой вытяжное устройство с зонтом.

Всасывающее сечение зонта (рисунок 9) принимают геометрически подобным поверхности источника вредных выделений (рабочего места).

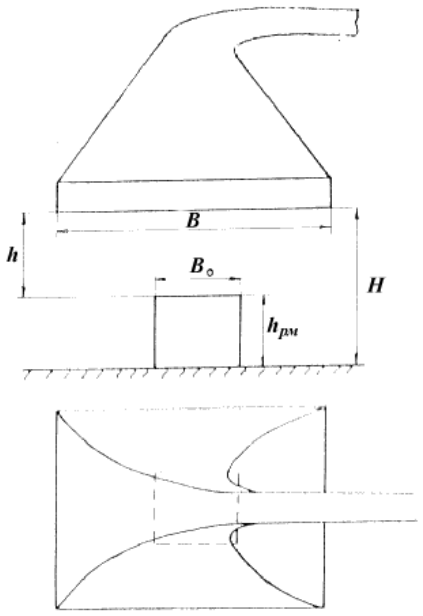

Рисунок 9 – Схема вытяжной системы

Высоту подвеса зонта (из соображения удобства выполнения производственных операций) выбирают равной H=2,4÷2,6 м от пола.

Угол раскрытия зонта принимают равным $\varphi = 70^0$.

Сторону всасывающего сечения зонта определяют по соотношению:

$$B = b_0 + 0.8h, \tag{69}$$

где: b_0-сторона рабочего места;

$$h = H - h_{рм} \tag{70}$$

H – высота всасывающего сечения зонта от пола;

$h_{рм}$ – высота рабочего места от пола.

В рассматриваемом цехе рабочее место имеет размеры 2500 × 1000 мм. Определим сторону всасывающего сечения зонта:

$$B = b_0 + 0,8h = 2,5 + 0,8 \times (2,6 - 1,2) = 3,62 \text{ ì}.$$

Потребный воздухообмен определяется по формуле:

$$L = 3600 \times F \times \nu \quad м^3 / час, \tag{71}$$

где: F – площадь открытого сечения зонта, $м^2$

ν – скорость движения воздуха в рассматриваемом сечении, *м/сек*

Скорость ν обычно выбирают в пределах от 0,5 до 1,75 *м/сек* в зависимости от удаляемых вредностей.

Принимаем $\nu = 1 \quad м/сек.$, тогда:

$$L = 3600 \times 3,62 \times 1 = 13032 \text{ ì}^3 / \div \text{àñ}.$$

Рассчитаем вентиляционную систему воздуховода.

Принимаем скорость движения воздуха по воздуховодам, равной $\nu_в = 10\ м/сек.$

Площадь сечения воздуховода *F* подсчитывается следующим образом:

$$F = \frac{L}{3600 \times \nu_в} = \frac{13032}{3600 \times 10} = 0,362\ м^2.$$

Диаметр воздуховода равен:

$$d = 2\sqrt{\frac{F}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0,362}{3,14}} = 0,68\ м.$$

Определим суммарные потери давления рассматриваемой вентиляционной системе по формуле:

$$H = H_{тр} + H_м, \qquad (72)$$

где $H_{тр}$ – потери давления на трение воздуха о стенки воздуховода, принимаются равными 20,86 кг/м^2;

$H_м$ – потери давления на местные сопротивления, принимаются равными 52,3 кг/м^2

Тогда:

$$H = 20,86 + 52,3 = 73\ кг/м^2.$$

Произведем выбор типа вентилятора и электродвигателя.

Вентилятор выбирается в зависимости от:

– состояния перемещаемого воздуха (пыльный, агрессивный, высокая *t* ^{0}С и т.п.);

– требуемой производительности вентилятора *Q*, равный расчетной величине воздухообмена *L*;

– требуемого напора вентилятора $H_В$, равного суммарным потерям давления H.

В нашем случае необходимо подобрать вентилятор в пылевом исполнении с производительностью $Q = 13032$ ì ³ / ÷àñ и напором $H = 73$ кг / м².

Выбором вентилятора (тип, число оборотов, КПД) производится по специальной таблице и приложенным характеристикам.

Выбираем центробежный пылевой вентилятор ЦАГИ серии ВР 140-400 с характеристиками: число оборотов рабочего колеса $n_В = 1500$ об / мин., КПД вентилятора $\eta_В = 0{,}53$.

Выбор электродвигателя осуществляется в зависимости от:

– состояния воздушной среды помещения;

– требуемой мощности N;

– с учетом числа оборотов.

По таблице для помещения с легко удаляемой электропроводной пылью выбираем форму исполнения электродвигателя — защищенную.

Требуемая мощность электродвигателя для вентилятора выбирается с учетом запаса мощности 10 % следующим образом:

$$N = \frac{K \times Q_В \times H_В}{3600 \times 102 \times \eta_В \times \eta_Н}, \qquad (73)$$

где: $\eta_Н$ – КПД передачи от электродвигателя к вентилятору (клиноременная передача $\eta_Н = 0{,}9$, плоскоременная передача $\eta_Н = 0{,}85$, на одном валу $\eta_Н = 1$)

K – коэффициент запаса мощности на валу двигателя определяется по таблице, K = 1,1.

$$N = \frac{1{,}1 \times 13032 \times 73}{3600 \times 102 \times 0{,}53 \times 0{,}85} \approx 6{,}3 \text{ ê}\hat{\text{A}}\text{ò}.$$

По таблице выбираем электродвигатель АИР 132 S4 с характеристиками: $N = 7{,}5$ кВт, $n_{дв} = 1500$ об / мин.

Таким образом был произведен расчет подробный расчет вентиляционной системы с зонтом, находящейся непосредственно над рабоч

им местом сварщика, обеспечивающей надежную защиту от вредных веществ, выделяемых при сварке.

4.5 Техника безопасности и пожарная безопасность при производстве сварочных работ

Одним из важных требований к любому виду производства является создание наиболее благоприятных гигиенических и безопасных условий труда для рабочих. Забота о сохранении здоровья и работоспособности трудящихся – общегосударственное дело. К сварке допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие специальное обучение с проверкой знаний по технике безопасности и оформлением в специальном журнале. Повторные инструктажи должны проводиться администрацией ежеквартально и перед началом каждой новой работы, а проверка знаний по технике безопасности – ежегодно специальной комиссией.

При дуговой электросварке открытой дугой брызги расплавленного металла разлетаются на значительное расстояние, вызывая опасность пожара. Поэтому сварочные цехи должны сооружаться из негорючих материалов. В местах сварки недопустимо скопление воспламеняющихся материалов, обтирочной ветоши и др.

Пожар может возникнуть не сразу, поэтому при окончании работы необходимо внимательно проверить, не тлеет ли что-нибудь, не пахнет ли дымом и гарью.

4.6 Травмы при дуговой сварке и меры их предупреждения

При соблюдении мер предосторожности и санитарно-гигиенических требований электросварка является безопасным видом работ. Несоблюдение правил техники безопасности может привести к поражению электрическим током, поражения глаз и открытых участков тела излучением электрической дуги, отравлению вредны-

ми газами и парами ядовитых веществ, ожогам тела брызгами расплавленного металла, взрыву сосудов, находящихся под давлением или содержащих внутри пары горючего.

Поражение электрическим током является одним из наиболее опасных случаев. Протекание электрического тока через организм человека величиной от 0,002 до 0,05 А вызывает неприятное болезненное ощущение. Ток величиной более 0,05 А может привести к тяжелым последствиям и даже к смерти.

Во избежание поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие условия:

– корпуса источников питания дуги сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые изделия должны быть надежно заземлены;

– для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами;

– при наружных работах сварочное оборудование должно находиться под навесом для защиты от дождя и снега;

– категорически запрещается подсоединять или отсоединять провода, ремонтировать или проверять состояние сварочного оборудования без отключения его от электрической сети. Эти работы обязаны выполнять электрики, сварщикам их выполнять запрещается;

– все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать величине применяемых токов. Применение проводов с ветхой изоляцией категорически запрещается;

– при сварке внутренних швов резервуаров, котлов, труб и других закрытых и сложных конструкций необходимо пользоваться резиновым ковриком, резиновым шлемом и галошами. Для освещения следует пользоваться переносной лампой напряжением 12 В. Все электросварочное оборудование должно быть оснащено устройствами автоматического отключения напряжения или его ограничения до безопасного значения. При работе внутри резервуара, при сварке сложной конструкции, а также при сварке емкостей из-под горючих и легковоспламеняющихся жидко-

стей сварщику назначается дежурный, который обязан обеспечить безопасность работ и при необходимости оказать первую помощь.

При поражении электрическим током пострадавшему необходимо оказать помощь: освободить его от электропроводов, обеспечить доступ свежего воздуха и, если пострадавший потерял сознание, немедленно вызвать “скорую помощь”. При необходимости до прибытия врача производить искусственное дыхание.

Защита глаз и открытой поверхности кожи от излучения электрической дуги как сварщиков, так и их подручных обязательна, поскольку горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому дуга, если на неё смотреть невооруженным глазом, производит ослепляющее действие. Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электроофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезоточением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталика глаза (катаракту), а также ожоги кожи лица.

Для защиты глаз и кожи лица от световых и невидимых лучей сварщики и их подручные должны закрывать лицо щитком, маской или шлемом. Для защиты окружающих лиц от излучения дуги в цехах устанавливают закрытые сварочные кабины, а при строительных и монтажных работах применяют переносные щиты или ширмы. Для защиты тела от брызг расплавленного металла и излучения дуги сварщики должны пользоваться индивидуальными защитными средствами – брезентовым костюмом, брезентовыми рукавицами, кожаной или валяной обувью. Брюки должны быть гладкими, без отворотов, с напуском поверх ботинок. Рукавицы должны иметь напуск на рукава и завязываться тесьмой. Все это обеспечивает надежную защиту и предотвращает попадание брызг металла в складки одежды. Кроме спецодежды к индивидуальным средствам защиты сварщика относятся пояс предохранительный с лямками (при работе на высоте), резиновые диэлектрические шлем, перчатки, сапоги (или галоши).

При производстве сварочных работ обязательно должна предусматриваться защита от отравлений вредными газами, пылью и испарениями**.** В процессе сварки в зоне горения сварочной дуги выделяется большое количество пыли – аэрозоли, состоящей из мелких частиц окислов металлов и минералов (окислы железа, марганца, кремния, хрома, фтористые и другие соединения). Наиболее вредны для здоровья соединения хрома, марганца и фтора. Воздух в рабочих помещениях при сварке загрязняется также токсичными газами: окислами азота, углерода, фтористым водородом и др. При автоматической сварке количество газов и пыли значительно меньше, чем при ручной.

На рабочем месте допускаются следующие предельные концентрации веществ в воздухе (в мг / $м^3$): марганец и его соединения – 0,3; хром и его соединения – 0,1; свинец и его соединения – 0,01; цинковые соединения – 5,0; окись углерода – 20,0; фтористый водород – 0,5; окись азота – 5,0; бензин, керосин – 300,0. Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг / $м^3$ не допускается. Однако, если содержание кварца в пыли превышает 10 %, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2 мг / $м^3$.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляются местной и общей вентиляцией. При сварке в замкнутых емкостях необходимо подавать свежий воздух по шлангу непосредственно в зону работы сварщика (не менее 30 $м^3$ / ч). Без вентиляции сваривать в замкнутых емкостях не разрешается.

4.7 Противопожарные мероприятия при производстве сварочных работ

Места, где производятся сварочные работы, должны быть оборудованы огнетушителями, гидрантами, ящиком с песком, лопатами и совками, бочками или ведрами с водой.

В сфере попадания брызг металла и искр не должно быть легковоспламеняющихся предметов. При работе на лесах следует уложить на настиле листы асбеста, держать поблизости сосуды с водой или огнетушители. В тех случаях, когда прове-

дение работы не требует дополнительных мер, предусмотренных общими правилами, на производство сварочной работы выдают разрешения, регистрация которых ведется пожарной охраной. Категорически запрещается перемещаться с зажженной горелкой (при газовой сварке или резке) вне пределов рабочего места и особенно по трапам, лесам. После окончания работ сварщик обязан тщательно осмотреть рабочее место и устранить причины возникновения пожара. Наличие и исправность противопожарного оборудования подлежат постоянному контролю.

4.8 Производственное освещение

В действующих нормах проектирования производственного освещения СНиП 11-4-79 задаются как количественные (величина минимальной освещённости), так и качественные характеристики (показатель ослеплённости и дискомфорта, глубина пульсации освещённости) искусственного освещения.

Производственное освещение относится к вопросам гигиены труда. Оно должно обеспечивать минимальную утомляемость работающего. Следует иметь ввиду, что чрезмерно яркий свет вызывает слепящее действие. Различают естественное (через оконные проёмы, фонари в кровле) и искусственное освещение, а для последнего – общее и местное. Часто применяют комбинированное, т.е. общее и местное освещение. При оценке условий освещённости учитывают уровень освещённости (общей и комбинированной), спектральный состав света (он должен быть возможно ближе к солнечному), равномерность освещения, его устойчивость во времени, отсутствие блёсткости как и самых источников света, так и освящаемых предметов.

Степень освещённости определяют в люксах (лк), 1 лк. соответствует равномерному распределению светового потока в 1 кл на 1 м^2. Равномерность освещения определяют, в частности, отношением местного и общего освещения. Как правило, общая освещённость не должна быть меньше 10 % комбинированной освещённости на рабочем месте (во избежание частой перемены адаптации зрения). Устойчивость освещения во времени определяют коэффициентом пульсации, характеризующим изменение светового потока к его среднему значению.

Источники искусственного света – это лампы накаливания и газоразрядные лампы. Лампы, расположенные в осветительной арматуре, называют светильником. Лампы накаливания удобны в эксплуатации, обладают малым коэффициентом пульсации (от 1 до7 %), но в спектре у них преобладает жёлто-красное излучение (по сравнению с солнечным), низка светоотдача (не более 20 лм/Вт), мал срок службы (не более 1000 ч). Газоразрядные лампы имеют спектр излучения, близкий к естественному, светоотдача их в пять раз больше, а срок службы в десять раз больше, чем у ламп накаливания. Однако у них высок коэффициент пульсации (от 20 до 65 %), поэтому освещённость этими лампами требует выше, чем лампами накаливания.

Световые фонари, окна и светильники должны подвергаться очистке, регулярность которой определяется нормами в зависимости от степени загрязнённости воздуха пылью и копотью. В помещениях с чистым воздухом светильники чистят не реже 1 раза в три месяца, а в помещениях с сильно загрязненным воздухом – не реже 2 раз в месяц.

Кроме общего освещения требуется применение аварийного освещения. Аварийное освещение устанавливают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (например при аварии) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования могут вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительное нарушение технологического процесса и т.д.

Для освещения производственных помещений в нашем случае используется совмещенное освещение, т.е. используется естественное освещение и освещение осуществляемое лампами. Так как освещение в светлое время суток по нормам недостаточное, то оно дополняется искусственным.

Заключение

В дипломном проекте был разработан участок сборки и сварки коллектора топливной системы, применяемого в космической промышленности. Технологические и экономические расчёты подтвердили целесообразность внедрения разработанного технологического процесса, а именно замену ручной аргоно-дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом на полуавтоматическую плавящимся электродом в среде аргона.

Использование выбранной технологии сварки и оборудования позволило снизить норму времени на выполнение сварочных операций. Применение полуавтоматичекой сварки с использованием предложенного оборудовании обеспечивает отличное качество соединений и увеличивает производительность процесса сварки.

Спроектированные приспособления позволяют: минимизировать отклонения требуемых линейных и угловых размеров; облегчить процесс проведения сборочных и сборочно-сварочных работ сократив время на их проведение, тем самым повышая точность и качество сборки изделия.

Назначенный режим термической обработки сварного изделия учитывает специфику его работы и обеспечивает требуемые показатели прочности и технологичности сварных швов.

Технологический процесс разработан таким образом, чтобы обеспечивать максимальный экономический эффект и производительность.

По результатам расчёта экономической эффективности получены следующие показатели: годовой экономический эффект составил 27333 *р.*, уровень рентабельности производства увеличился на 4 %.

Наряду с разработкой технологического процесса в дипломном проекте рассмотрены вопросы связанные с безопасностью на производстве.

Список литературы

1 ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 67 с.

2 ГОСТ 5582-75. Прокат тонколистовой коррозионно-стойкий, жаростойкий и жаропрочный.– М.: Издательство стандартов, 1975. – 25 с.

3 Марочник стали и сплавов. Электрон. дан. – Режим доступа: www.splav.kharkov.com

4 Сварка аустенитных сталей. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.svarkainfo.ru/rus/lib/tech/teh3/.

5 ГОСТ 10157 – 79. Аргон газообразный и жидкий. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2005. – 19с .

6 ГОСТ 2246 –70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. – М: Издательство стандартов, 1993 – 38с.

7 ИТС-УРАЛ. Электронный каталог сварочного оборудования. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.ets-ural.ru/catalog/ .

8 ВакЭТО. Вакуумные отпускные электропечи. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.vaceto.ru/page/type.php?tid=24 .

9 Промсправка . Промышленная Справочная Служба . Техническая библиотека. Каталог продукции. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://www.promspravka.ru/catalog/D/DL/33/2/20/6/62/140/other/kth/kth_906.

10 Волченко В. Н. Сварка и свариваемые материалы: Справочник в 3т. / Волченко В. Н. и др.; под общей редакцией В. Н. Волченко. – М.: Металлургия, 1991. – Т.1. – 530с., ил.

11 Акулов И. А. Сварка в машиностроении: Справочник: в 4 т. / И. А. Акулов и др.; редкол.: Г.А. Николаев и др.; под ред. А.И. Акулова. – М.: Машиностроение, 1979.– Т.2 .– 462с., ил.

12 Пешков В. В. Оборудование и технология сварочного производства: дипломное проектирование: учеб. пособие / В. В. Пешков, В. Ф. Селиванов, Л. В. Усачёва – Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2006. – 144 с.

13 Шурупов В.В. Проектирование сборочно-сварочных приспособлений: учеб. пособие / В.В. Шурупов. – Воронеж: ГОУВПО «ВГТУ», 2006. – 119 с.

14 Шурупов В.В. Контроль капиллярными методами : метод. указания / В.В. Шурупов, Ю.Д. Букреев, М.М. Гаджиев. – Воронеж: ВГТУ,2008. – 53 с.

15 Материал из Википедии. Гидравлическое испытание. – Электрон. дан.–Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Гидравлическое_испытание.

16 Ахумов А. В. Справочник нормировщика: справочник / А. В. Ахумов, Б. М. Генкин, Н. Ю. Иванов и др.; под общ. ред. Ахумова А. В. – Л.: Машиностроение, ленинградское отделение, 1987 – 458 с.

17 Дорофеев Э.Б. Методические указания по выполнению организационно-экономической части преддипломной практики и дипломного проекта для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» очной и заочной форм обучения / ГОУ ВПО ВГТУ; сост. Э.Б. Дорофеев, И.В. Рощупкина, Е.В. Левицкая. Воронеж, 2008 – 29 с.