

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра Сварка, обработка материалов давлением родственные процессы
(наименование)

15.03.01
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему «Технология сборки и сварки защитного контейнера сжатой дугой
переменного тока прямоугольной формы»

Обучающийся В.Е.Русскова (И.О. Фамилия) _____ (личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент Г.М. Короткова (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты канд. физ.- мат. наук, доцент Д.А. Романов
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Название дипломной работы: «Технология сборки и сварки защитного контейнера сжатой дугой переменного тока прямоугольной формы».

Выпускная работа состоит из введения, четырех глав, заключения (69 с.), 18 таблиц, списка литературы из 25 источников, включая зарубежные источники, 27 рисунков, графической части на 5 листах формата А1.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование технологического процесса сварки защитного контейнера из алюминиевого сплава. Затрагивается проблема качественного сварного соединения при сварке крышки с корпусом неплавящимся электродом, в котором находятся датчики и блоки их питания.

Целью работы является повышения качества сварного соединения крышки с защитным корпусом сжатой дугой на переменном токе прямоугольной формы.

Выпускная работа может быть разделена на следующие логически взаимосвязанные части: анализ защитного корпуса; обоснование необходимости технологических требований; выбор вида и оборудования сварки; определения параметров режима; описания приспособлений; описание операций технологического процесса сварки сжатой дугой переменного тока прямоугольной формы.

В конце выпускной квалификационной работы мы сравниваем базовый и проектный вариант сварки.

Данная работа актуальна не только в решении проблемы некачественных сварных соединений для космических аппаратов, но и для промышленных объектов.

Abstract

The title of the graduation work is « Technology of assembly and welding of a protective container with a compressed AC arc of rectangular shape ».

The senior paper consists of an introduction, five parts, a conclusion, tables, list of references including foreign sources and the graphic part on 5 A1 sheets.

The key issue of the thesis is the design of welding of a protective container. We are addressing the problem of a non-quality welded joint that leads to non-tightness of the container.

The purpose of the work is to improve the quality of the welded connection of the lid with the protective housing.

The thesis can be divided into the following logically interrelated parts: analysis of the protective housing; justification of the need for technological requirements; selection of the type and equipment of welding; determination of the parameters of the mode; descriptions of devices; description of the operations of the technological process of welding with a compressed arc of alternating current of rectangular shape.

At the end of the final qualifying work, we compare the basic and design welding options.

Finally, we present a work that is relevant not only in solving the problem of substandard welded joints for spacecraft, but also for industrial facilities.

In conclusion, we would like to emphasize that this work is relevant for solving the problems of poor-quality seam products from AMG-3.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных.....	7
1 Анализ исходных данных.....	7
1.1 Описание защитного корпуса контейнера космического передатчика и условия его работы	7
1.2 Свойства сплава АМг-3	9
1.3 Обоснование выбора способа сварки крышки с корпусом защитного контейнера космического передатчика	11
1.3.1 Сварка сжатой дугой в защитной среде Ar	12
1.3.2 Электронно-лучевая сварка (ЭЛС).....	15
1.3.3 Микроплазменная сварка	17
1.3.4 Сварка переменным током прямоугольной формы неплавящимся электродом.....	18
1.3.5 Лазерная сварка.....	20
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.....	21
2 Проектная технология сборки и сварки защитного корпуса контейнера космического передатчика	23
2.1 Выбор оборудования для сварки защитного корпуса	23
2.2 Определение параметров режима сварки защитного корпуса контейнера	28
2.3 Описание приспособления для сварки защитного корпуса	32
2.4 Описание операций технологического процесса сварки сжатой дугой переменного тока прямоугольной формы	34
3 Безопасность и экологичность технического объекта	40
3.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика объекта.....	40
3.2. Идентификация профессиональных рисков.....	41
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	41

3.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	42
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых решений....	44
3.6 Заключение по разделу	45
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений	46
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов	46
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	49
4.3 Расчет штучного времени	50
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки	54
4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам.....	60
4.6 Расчётное определение показателей экономической и.....эффективности предлагаемых решений	63
Заключение по экономическому разделу	65
Заключение	66
Список используемой литературы	67

Введение

В состав орбитальной спутниковой группировки России входят аппараты социально-экономические, научные и двойного назначения. В 2021 году было запущено несколько таких установок, а в 2022 – еще больше таких установок.

В современной космической деятельности используются малые спутниковые аппараты, назначения которых - разведка, связь и др.

Самарские ученые успешно протестировали свою новую разработку – наноспутник, который поможет в освоении Арктики. Космический аппарат SamSat-ION (СамСат – ИОН) прошел все наземные испытания. Его включили в программу Роскосмоса.

Создание аппаратов для связи предполагает использование защитного корпуса, в котором монтируются элементы связи. Назначение корпуса - защитить схемы от перепадов температур при запуске. Конструкция защитного корпуса выполняется из легких сплавов с целью экономии веса. Как правило, для этих целей чаще всего используется алюминиевый сплав АМГ-3.

Защитный корпус - сварная конструкция, которую необходимо сварить таким образом, чтобы температура внутри корпуса не превышала заданной величины равной 100°C.

В настоящее время крышка с корпусом коробки сваривается сжатой дугой неплавящимся электродом на переменном токе синусоидальной формы в защитных газах, что является базовым вариантом. Однако данный способ не гарантирует температуры внутри корпуса заданной величины.

Поэтому целью выпускной квалификационной работы является повышения качества сварного соединения крышки с защитным корпусом.

1 Анализ исходных данных

1.1 Описание защитного корпуса контейнера космического передатчика и условия его работы

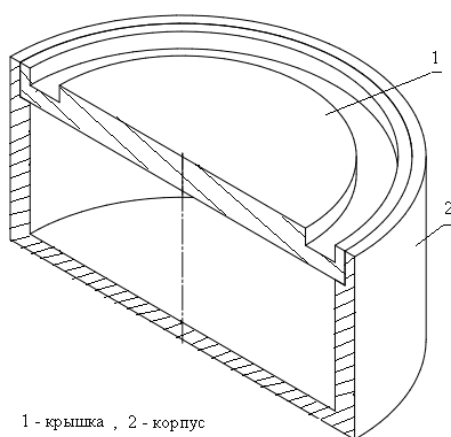
Защитный корпус контейнера относится к конструкциям космической техники. Именно это и определяет особые условия эксплуатации данного изделия.

Внутри защитного контейнера помещаются специальные схемы и датчики, которые в свою очередь осуществляют сбор информации. Полученные данные от спутников, представляют собой особый интерес для отраслей спутниковой связи, навигации, метеорологии и др. Эти данные передаются на Землю и тщательно анализируются. Для передачи этих данных используются датчики и устройства, которые в свою очередь необходимо защитить от перегрева, как в период запуска спутника, так и во время работы его на орбите нашей планеты.

Известно, что спутник, во время выхода на орбиту ракетой носителем подвергается температурному воздействию. А также вибрационным перегрузкам. Сам спутник, будет работать на орбите Земли, на высоте около 550 километров.

Именно поэтому для данных датчиков специально созданы защитные контейнеры, пример конструкции данного контейнера показан на рисунке 1.

Корпус контейнера цилиндрической формы диаметром 70 мм и высотой 32 мм. Корпус полый и выполнен из сплава алюминия Амг3. Расточен на токарном станке до внутреннего диаметра 62 мм с дополнительным упором под установку крышки диаметром 66 мм с последующей сваркой крышки с корпусом. Толщина стенок корпуса – 6мм. Защитный корпус на глубину 6мм расточен под диаметр 66мм, что позволяет установить крышку диаметром 66 мм. В конструкции крышки предусмотрена проточка паза размерами (3 x 8) мм, что позволяет подготовить кромки сварного соединения (рисунок 1).



1 - крышка , 2 - корпус

Рисунок 1 - Эскиз защитного корпуса контейнера космического передатчика

Внешний вид подготовленных кромок свариваемых деталей показан на рисунке 2. Внешний вид сварного шва приведен на рисунке 3.

При сварке данного корпуса необходимо выполнить определенные требования. Согласно требованиям, температура дна крышки в процессе сварки, не должна превышать 100 градусов по Цельсию.

Необходимо так же отметить, что сварка производится без зазора. Глубина провара не должна превышать глубины проточки - 3мм. Шов должен быть герметичен.

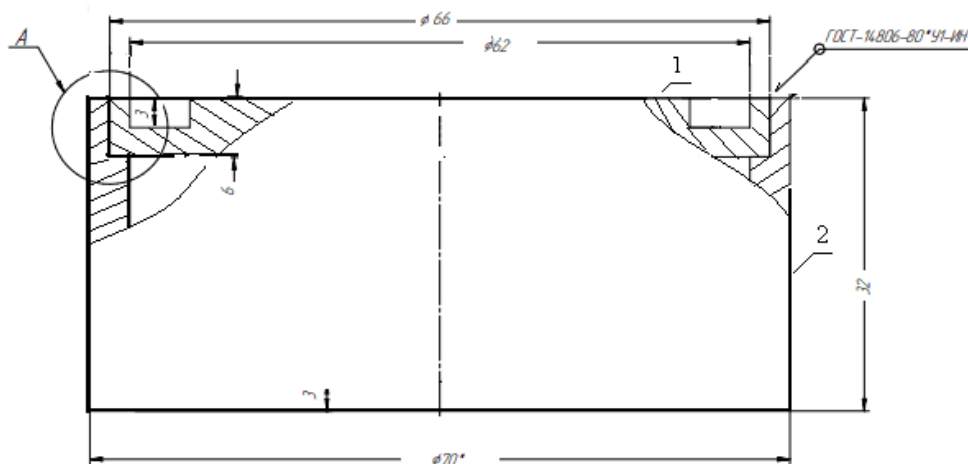


Рисунок 2 – Схема подготовки кромок свариваемых деталей

Данное изделие эксплуатируется в условиях влияния околоземной орбиты, и в значительной степени подвержено разного рода перегрузкам.

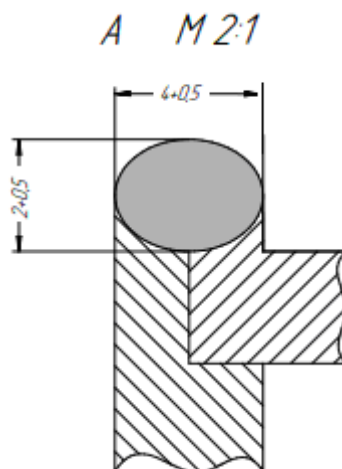


Рисунок 3 - Внешний вид сварного шва крышки с защитным корпусом

Учитывая особенности конструкции защитного корпуса контейнера и особенности его работы на всех этапах и свойств материала корпуса, проведем анализ современных способов сварки, обеспечивающих минимальные размеры пятна нагрева и высокую концентрацию теплового потока.

1.2 Свойства сплава АМг-3

«Алюминиевые сплавы отличаются своей коррозионной стойкостью и достаточно высокой теплопроводностью. Помимо этого, им присуще отсутствие токсичности в соединениях, что быстро позволило алюминию занять лидирующие позиции в популярности использования в качестве конструкционного материала для защитных корпусов космического оборудования» [3].

Отдельным замечанием, стоит выделить то, что алюминий обладает повышенной окисляемостью, так, при взаимодействии с внешней средой, на поверхности сплавов данного материала, очень быстро образуется оксидная

плёнка, которая в свою очередь, замедляет естественное старение, но и при этом изменяет поверхностные свойства материала [22].

Одновременно с рядом преимуществ, получаемых данной оксидной плёнкой, из этого выделяется основной недостаток алюминия. Он очень прихотлив при подготовке к сварке.

Чистый алюминий, без примесей, имеет температуру плавления 660 градусов Цельсия. Помимо этого, обладает достаточно низкой плотностью, всего 2,7 г/см³. Если сравнивать его с другими материалами, то, например, у железа, плотность выше на 5,1 пункта.

Именно из-за этого, «чистый» алюминий не применяется при производстве несущих и ответственных конструкций, и изделий.

Достижение же высокого качества сварных соединений, требует точного и безукоризненного выполнения целого ряда работ по подготовке данного материала к сварке.

Химический состав сплава АМГ-3 и его физические свойства приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав сплава АМГ-3, %

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Cr	Mg	Zn	Примеси
0.5	0.5 – 0.8	0.3 - 0.6	0.1	93.8 - 96	0.1	0.05	3.2 – 3.8	0.2	0.1 – 0.5

Таблица 2 – Физические свойства АМГ3

T	E 10 ⁻⁵	A 10 ⁻⁵	λ	ρ	Cp	R 10 ⁻⁵
Град	МПА	1/Град	Вт/(м*град)	Кг/м3	Дж/(кг*град)	Ом*м
20	0.71	-	-	2660	-	49.6
100	-	23.5	151	-	880	-

Перед сваркой детали из алюминиевого сплава проходят отчистку от оксидной пленки Al₂O₃. Операция очистки изделия от оксидной пленки

подробно рассматривается при проектировании технологического процесса сборки и сварки крышки с защитным корпусом контейнера. Длительность до сварки деталей не должна превышать 8 часов.

1.3 Обоснование выбора способа сварки крышки с корпусом защитного контейнера космического передатчика

В силу специфики применения планируемого изделия, следует выделить особые требования для свариваемой конструкции:

- обязательное соблюдение геометрических параметров изделия,
- непродолжительное тепловое воздействие,
- малый объём сварочной ванны,
- минимальные размеры зоны термического влияния,
- обязательное соблюдение температурного ограничения на

свариваемые поверхности.

Необходимо также отметить, что свариваемый корпус должен быть герметичным, во избежание создания помех для помещенных внутрь датчиков, при резких перепадах давления при различных высотах над Землей.

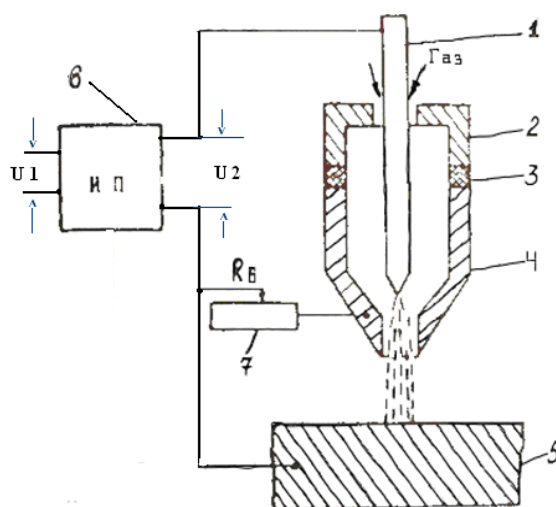
Стоит отметить, что для достижения желаемого результата, необходимо обязательное выполнение всех выделенных требований к сварке.

Из этого следует, что наиболее оптимальными для перечисленных условий, будут те способы, которые будут выполнены с наиболее удовлетворяющими требованиям к качеству изделия, и имеющими наименьший расход экономических ресурсов.

В наше время, в космической отрасли при сварке таких соединений используется несколько видов сварки: электронно-лучевая сварка, лазерная сварка, дуговая в среде инертных газов сжатой дугой и микроплазменная.

1.3.1 Сварка сжатой дугой в защитной среде Ar

Сварка неплавящимся электродом сжатой дугой в среде защитного газа в последние годы находит все большее применение. На рисунке 4 приведена схема сварки сжатой дугой неплавящимся электродом. В состав сварочного поста для сварки корпуса и крышки из алюминиевого сплава входит источник питания переменного тока синусоидальной формы с повышенным напряжением холостого хода (80 В) и плазматрон специальной конструкции



- 1- электрод; 2 - корпус; 3 – изолятор; 4 – сопло; 5 – изделие; 6 – источник питания;
7– сопротивление цепи вспомогательной дуги

Рисунок 4 – Упрощенная схема формирования сжатой дуги

Данный вариант сварки является одним из оптимальных для сварки алюминиевого сплава заданной категории, за счёт устойчивости горения дуги при низком сварочном токе [11]. Исследование тепловой эффективности сварочного процесса сжатой дугой авторами работы [Петров, Славин, Вербицкий], показал, что максимальная плотность энергии составляет $(10^5 - 2 \cdot 10^6) \text{Вт/см}^2$.

Немаловажным фактором является замечания, что для достижения требуемого результата потребуется высококвалифицированный сотрудник, с большим багажом опыта в данной сфере деятельности, а также проведения подобных работ.

Выполняются данные работы при строгом контроле требований Ростехнадзора.

«В момент сварки, сварной шов должен быть максимально защищен от внешнего воздействия на него не только атмосферного воздуха, но и, если быть наиболее точным, от газов, которые содержатся в нём» [1].

Основным защитным газом для сварки алюминиевых сплавов является аргон. Аргон подается в зону горения через сопло сварочной горелки и оттесняет пагубно влияющие на материал и конечный результат газы, от электрода и сварочной ванны.

Известно, что существует ещё один газ позволяющий производить подобные работы. Гелий, по сравнению с аргонем, имеет наибольшую текучесть, и как следствие наибольший по сравнению с аргонем расход. Помимо этого, гелий и с экономической точки зрения обходится дороже аргона, и как следствие, для данного мероприятия он теряет свою актуальность [21].

Несмотря на это, стоит заметить, что гелий в отличие от аргона при сварке создает наиболее стабильную дугу, и при сварке ответственных изделий показывает себя лучше, именно поэтому он используется при сварке несущих и ответственных изделий, гелий гораздо чище технического аргона. Особенность сварки сжатой дугой заключается в использовании плазмообразующего и защитного газа (рисунок 5) [20].

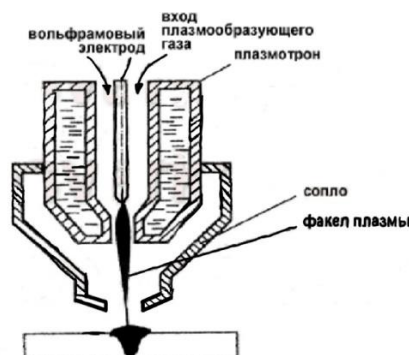


Рисунок 5 –Эскиз плазматрона

Известно, что применение сварки сжатой дугой, позволяет уменьшить диаметр активного пятна, а, следовательно, и зону термического влияния. При сварке сжатой дугой удастся получить узкий шов сварного соединения.

Однако при сварке сжатой дугой возникает такое явление, как двойное дугообразование (рисунок 6) [23].

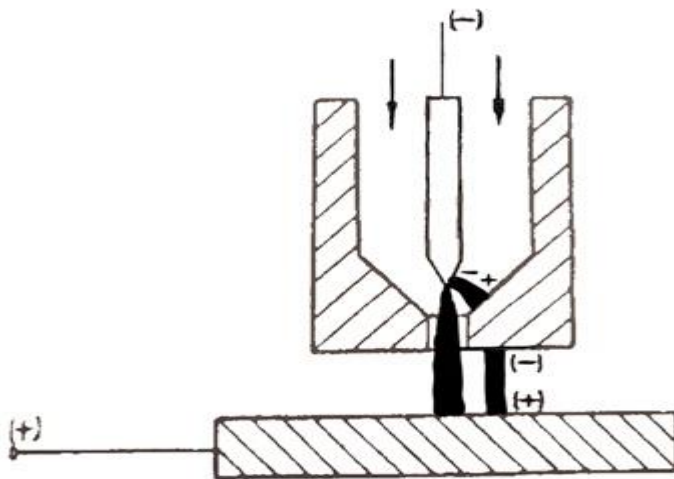


Рисунок 6 – Схема двойного дугообразования

«Условия возникновения двойной дуги определяются стремлением дугового разряда принять такую форму, которая соответствовала бы наименьшей потере энергии. При использовании источника тока с падающей характеристикой такие условия возникают с уменьшением длины дуги. Если в узком канале наконечника сильноточная дуга, стабилизируется при недостаточном расходе газа, то искривление столба и образование двойной дуги являются вполне вероятными. Особенно велика вероятность возникновения двойной дуги в момент возбуждения разряда с такими режимами. В экспериментах ВНИИАВТОГЕНА установлено, что большое значение для образования двойной дуги имеет длина формирующего канала наконечника» [7]. «Одной из причин образования двойной дуги является увеличение тока и, соответственно, диаметра столба сжатой дуги» [20]. При определенной величине тока диаметр столба становится соизмеримым с диаметром канала сопла.

«Большое значение в плазматронах имеет конструкция сопла. Чем меньше диаметр сопла и больше его длина, тем выше концентрация энергии, напряжение дуги и больше скорость потока плазмы; дуга становится жесткой, ее режущая способность увеличивается. Однако диаметр и длина сопла обуславливаются силой рабочего тока и расходом газа» [13]. В процессе использования плазматрона наблюдается разрушение отдельных частей плазматрона, одно из которых приведено на рисунке 7.



Рисунок 7 - Внешний вид разрушенного сопла плазматрона

Применение для сварки защитного корпуса контейнера с крышкой сварки сжатой дугой вполне оправдано, тем более, что есть примеры использования этого способа других сварных соединений [19].

1.3.2 Электронно-лучевая сварка (ЭЛС)

«Как таковой, способ электронно-лучевой сварки основан на использовании энергии, высвобождаемой при торможении потока ускоренных электронов в свариваемых материалах» [2].

Основным преимуществом данного вида сварки является использование вакуума при сварке деталей. Благодаря вакууму, окислы разлагаются, и водород исключается из сварного шва. Качество соединения при этом крайне высокое, швы ровные, нарушений по геометрии деталей не наблюдается, к тому же материал не теряет свои прочностные характеристики. Помимо этого, данный вид сварки обладает достаточно

высокой скоростью сварки деталей и возможностью сварки тугоплавких металлов.

Электронно-лучевую сварку используют, когда необходимо глубокое, и что немаловажно узкое проплавление с минимальными размерами зоны термического влияния и отсутствием геометрических отклонений свариваемых деталей. При электронно-лучевой сварке максимальная плотность энергии составляет $5 \cdot 10^8$ Вт/см², обеспечивая минимальный диаметр нагрева 10^{-7} см².

Примером оборудования для электронно-лучевой сварки является Evobeam cube, который показан на рисунке 8.



Рисунок 8 – Установка электронно-лучевой сварки

К минусам же данного способа сварки, следует отнести достаточно низкую производительность и трудность автоматизации сварки защитного корпуса.

Первый недостаток в нашем случае имеет не такой уж и критичный вес, то второй недостаток, на фоне автоматизации современных производств, и производств космической техники является наибольшим. Ведь большинство их современных лабораторий производящих спутники и устройства, выводимые на орбиту и за пределы планеты, оборудованы по

последнему слову современной техники, и стремятся минимизировать использование человека в качестве основного участника производственных событий.

Данный способ сварки экономически не целесообразно применять, не смотря на высокое качество сварного соединения.

1.3.3 Микроплазменная сварка

«Современная технология сварки алюминия при помощи плазмы позволяет добиться очень хороших результатов. Это достигается благодаря высокой концентрации энергии и достаточно глубокого проплавления. Технология плазменной сварки схожа с процессом соединения металлов в аргоновой среде. Во время сварочного процесса металл в нужном месте проплавляется под воздействием плазмы. Все это действие происходит в защитном облаке, благодаря которому в зону сварочной ванны не попадают газы, содержащиеся в атмосфере. Технология сварки алюминия при помощи плазмы подразумевает использование специального оборудования – аппарата для плазменной сварки. Конструкция аппарата представляет собой соединение плазмотрона и источника переменного и постоянного тока с обратной величиной. Плазмотрон помогает генерировать плазменный разряд» [4].

«Для микроплазменной сварки же, характерно соединение, образуемое, в результате действия энергии плазменного потока, который в свою очередь проходит через охлаждаемое формирующее сопло» [24]. Из-за высокой степени сжатия плазменного столба дуги, достигается достаточно высокая концентрация нагрева при сварке, что в свою очередь благотворно влияет на общую температуру свариваемой конструкции.

Благодаря малой ширине зоны термического влияния обеспечивается высокое качество сварного соединения. Поданным автора [4] минимальная зона нагрева составляет 10^{-11}см^2 , а максимальная плотность энергии - $(10^4 - 10^5)\text{Вт/см}^2$. Микроплазменная сварка, изображенная на рисунке 9,

используется для сварки особо тонких материалов или деталей с крайне низкой толщиной свариваемой стенки [24].

У данного способа, существует и ряд существенных недостатков. Его достаточно трудно автоматизировать и исключить участие в нём человека, что в свою очередь является серьёзной помехой для отрасли производства космических аппаратов. Особого распространения способ микроплазменной сварки в данной сфере не получил, но стоит отметить, что данный способ всё-таки используется, но с пометкой единичных особо тонких и ненагруженных деталей.

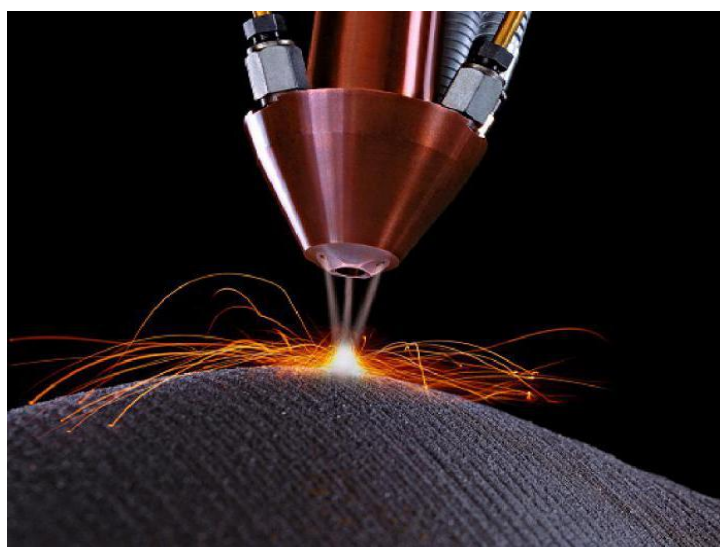


Рисунок 9 – Процесс микроплазменной сварки

Особого распространения способ микроплазменной сварки в данной сфере не получил, но стоит отметить, что данный способ всё-таки используется, но с пометкой единичных особо тонких и ненагруженных деталей.

1.3.4 Сварка переменным током прямоугольной формы неплавящимся электродом

Исследуя различные источники, и проведя внимательный анализ полученной информации, можно прийти к выводу, что одним из наиболее

распространенных вариантов сварки алюминиевых сплавов является аргонодуговая сварка (АДС) неплавящимся электродом на переменном токе свободной дугой. Стоит отметить, что АДС, может использоваться, как для крупных деталей, так и для мелких конструкций, что позволяет выполнять достаточно широкий спектр выполняемых работ. Помимо этого, отдельным преимуществом данного вида сварки, является высокая степень автоматизации данного процесса, что позволяет избежать присутствия человеческого фактора при изготовлении не только ответственных деталей и конструкций, но и малонагруженных простых деталей.

В мелкосерийном производстве, применение аргонодуговой сварки ежегодно всё более оправдывает себя, совокупность преимуществ, представляемых данным видом сварки, позволяет удерживать лидерство в данной нише.

Основными недостатками же являются сложность в настройке сварочного оборудования (установок, инверторов) и существенные отклонения от заданной геометрии изделия.

В рамках производственной практики и НИР, мной пройден курс по изучению данного вида сварки. В качестве источников питания при сварке неплавящимся электродом на переменном токе прямоугольной формы использовался инвертор «TIG – 200P AC/DC» и «EWM Tetrix 230 AC/DC». Данное оборудование позволяет осуществлять сварку на переменном токе прямоугольной формы, на постоянном токе и точками. Процесс сварки на переменном токе прямоугольной формы позволят регулировать длительность прямой и обратной полярности в пределах частоты $f = 50$ Гц. В качестве изделий были использованы разработанные бензобаки для гоночных лодок из алюминия. Помимо этого, осуществлялась наплавка валика на пластину с применением присадочного материала.

Оборудование, на котором производилась сварка, имеет множество полезных функций, таких как: изменение формы тока, регулирование длительности прямой и обратной полярности, дистанционного удаленное

зажигание дуги, защита от различных перепадов напряжения и силы тока, настройка предварительной и заключительной подачи газа. Вариативность настроек положительно сказалась на формировании сварного шва. Особое внимание заслуживает инвертор, который регулирует длительности прямой и обратной полярности.

Поэтому для питания сварочной дуги рекомендуем в проектном варианте использовать только инвертор TIG – 200P AC/DC.

1.3.5 Лазерная сварка

«В современном мире, способ лазерной сварки находит в себе все большее применение для соединения различного вида изделий. Ключевым достоинством данного вида сварки является возможность обеспечения высокой концентрации энергии сфокусированного луча с минимальным диаметром 0,1 мм. Благодаря этому, процесс сварки происходит с наименьшей зоной термического влияния, а также расплавления меньшей доли металла по сравнению с конкурентами на заданную и необходимую для каждой детали глубину» [6].

Помимо этого, благодаря данному способу сварки, открылась возможность сварки при непосредственной близости к термочувствительным элементам, что в данном случае является ключевым фактором для принятия решения в пользу данного способа. Известно, максимальная плотность энергии сварки лазером составляет $(5 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^9)$ Вт/см². Учитывая этот факт, а также проанализировав информацию, полученную из статей и научных работ, можно заключить, что при производстве космических аппаратов, данный вид сварки является одним из перспективных, он позволяет достичь желаемого результата с наименьшими потерями, как для геометрии конструкции, так и для внутренних элементов данных конструкций, очень чувствительных к теплу, и прочим нагрузкам.

Помимо этого, современные аппараты для лазерной сварки, могут быть и отдельно программируемыми, что позволяет автоматизировать весь процесс.

Пример оборудования для лазерной сварки представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Оборудование для лазерной сварки

Стоит также отметить, что прогресс не стоит на месте, и на данный момент, уже разработано дополнительное устройство, которое позволяет применять лазерную сварку в вакууме, что дополнительно позволяет избавиться от капризов обрабатываемого материала.

Отдельным минусом, стоит отметить, дороговизну данного способа сварки.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Результаты проведенного анализа способов сварки, обладающих высокой удельной плотностью энергии, представим в таблице 3.

Сравнительный анализ способов сварки показал, что сварка сжатой дугой переменным током прямоугольной формы обладает высокой концентрацией тепловой энергии.

Этот способ легко поддается автоматизации. Кроме этого оборудование для сварки сжатой дугой значительно дешевле, чем все остальные способы.

В связи с этим целесообразно применить сварку сжатой дугой на переменном токе прямоугольной формы неплавящимся электродом, оснатив инвертором фирмы BRIMA TIG – 200P AC/DC (Германия).

Таблица 3 – Результаты анализа способов сварки

Наименование способа	Максимальная плотность энергии, Вт/ см ²	Минимальный диаметр нагрева, см ²	Материалы	Стоимость комплекта оборудования
Микроплазменная сварка	$10^4 - 10^5$	10^{-11}	Ст, Al, Mg	168 т. руб
Электронно-лучевая	$5 \cdot 10^8$	10^{-7}	Ст, Ti	-
Сварка лазером	$5 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^{10}$	$10^{-8} - 5 \cdot 10^{-9}$	Ст, Ti, Al	20000000
Сварка сжатой дугой	$1,1 \cdot 10^5$	-	Ст, Ti	115т.руб
Сварка сжатой дугой переменным током прямоугольной формы	$(1,1-1,3) \cdot 10^5$	-	Al,Mg,Li	135 т. руб

Анализ исходных данных позволяет сформулировать следующие задачи выпускной квалификационной работы.

- Разработать технологический процесс изготовления защитного корпуса контейнера космического аппарата сжатой дугой переменного тока прямоугольной формы.
- Разработать систему фиксации коробки при сварке.
- Провести сравнительный анализ базового и проектного вариантов

2 Проектная технология сборки и сварки защитного корпуса контейнера космического передатчика

2.1 Выбор оборудования для сварки защитного корпуса

Защитный корпус контейнера цилиндрической формы выполнен из алюминиевого сплава АМг-3, конструкция которого показана на рисунке 1 и черт. 23.БР.СОМДиРП.26.00.01Сб. Тип сварного соединения выполнен в соответствии с ГОСТ 14806-80*. Геометрические размеры неразъемного соединения определяет ГОСТ 14806-80* и показаны на рисунке 3. Геометрические размеры подготовленных кромок приведены на рисунке 11. Площадь сечения сварного соединения для указанных геометрических размеров ориентировочно составляет $12,6 \text{ мм}^2$

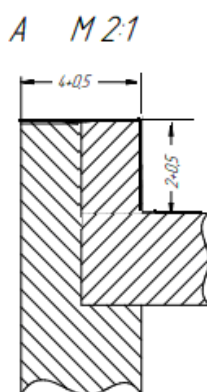


Рисунок 11– Размеры подготовки кромок корпуса и крышки под сварку

Ориентировочно величина сварочного тока составляет $(70-100)A$ [19] и ведется по замкнутому контуру.

Для получения неразъемного соединения крышки с защитным корпусом контейнера выбран способ сварки сжатой дугой переменного тока прямоугольной формы неплавящимся электродом в защитной среде аргона на оборудование фирмы BRIMA, которое позволяет регулировать длительность прямой и обратной полярности переменного тока.

По данным автора И.Е. Лапина [17] максимальная плотность энергии этого способа сварки составляет $(1,1- 1,3) * 10^5 \text{ Вт/см}^2$. В этой же работе И.Е.

Лапин утверждает, что для качественной отчистки алюминиевого сплава от оксидной пленки необходимо длительность обратной полярности лишь 30 % от длительности периода переменного тока $T = 0,02\text{с}$. Поэтому выбор способа сварки останавливаем на сварке сжатой дугой на переменном токе прямоугольной формы.

Для сварки крышки с корпусом используем сварку сжатой дугой на переменном токе прямоугольной формы TIG- 200P AC/DC. Внешний вид инвертора TIG- 200P представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 - Внешний вид инвертора TIG- 200P

Техническая характеристика инвертора TIG- 200P приведена в таблице 4, из которой следует, что по номинальной величине сварочного тока инвертор подходит для комплектации сварочного поста.

Таблица 4 - Техническая характеристика инвертора TIG- 200P

Наименование параметров и обозначения	Величина
Напряжение сети, В	220
Максимальный сварочный ток, А	200
Базовый ток, А	10-180
Потребляемый ток, А	30,8
Период нагрузки, %	60
Напряжение холостого хода, В	70
Рабочее напряжение на дуге, В	18
Пульсация	присутствует
Поджиг	бесконтактный
Режим MMA	присутствует
Частота питающей сети, Гц	50/60
Потери на холостом ходу, Вт	40
4-х тактный режим сварки	присутствует
КПД, %	85
Коэффициент мощности	0,93
Габариты, мм	420/200/350
Вес, кг	12

Внешняя вольт-амперная характеристика инвертора – крутопадающая в зоне существования сжатой дуги (рисунок 13).

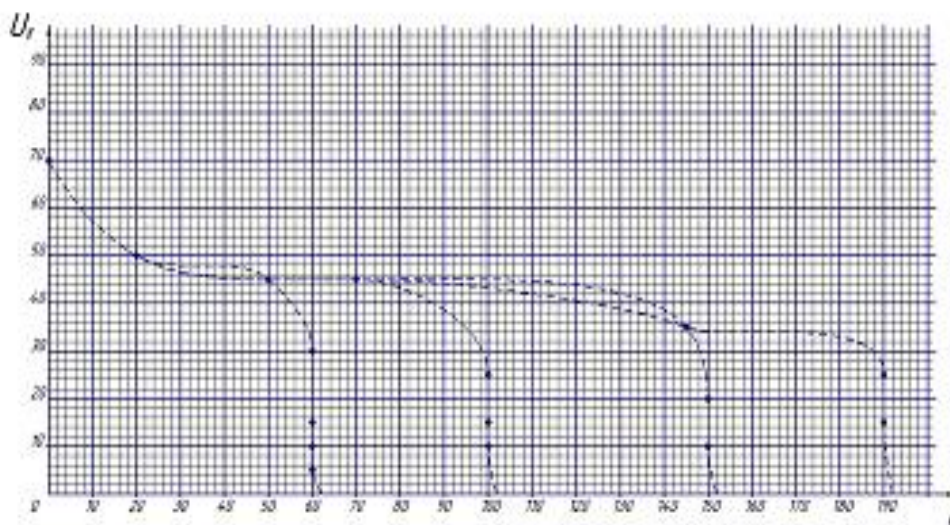


Рисунок 13- Внешняя вольтамперная характеристика инвертора TIG- 200P

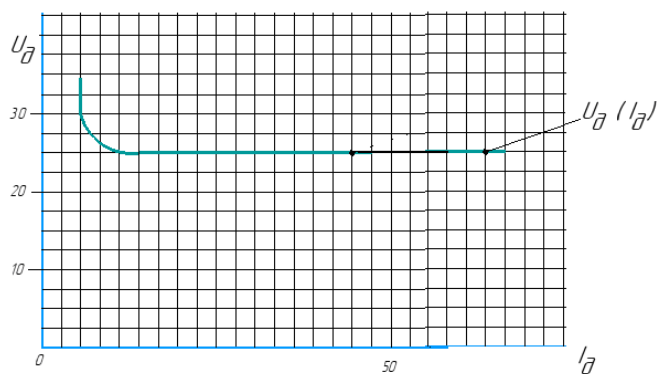


Рисунок 14 – Статическая вольтамперная характеристика сжатой дуги [11]

Статическая вольтамперная характеристика сжатой дуги в рабочем диапазоне - жесткая (рисунок 14). Это обозначает, что система “источник питания - дуга” – устойчива, так как вольтамперные характеристики имеют как минимум 1 точку пересечения и не почувствует колебаний параметров по длине дуги. Инвертор TIG- 200P обладает уникальными динамическими свойствами: он позволяет регулировать длительность прямой и обратной полярности при сварке на переменном токе прямоугольной формы (рисунок 15,16).

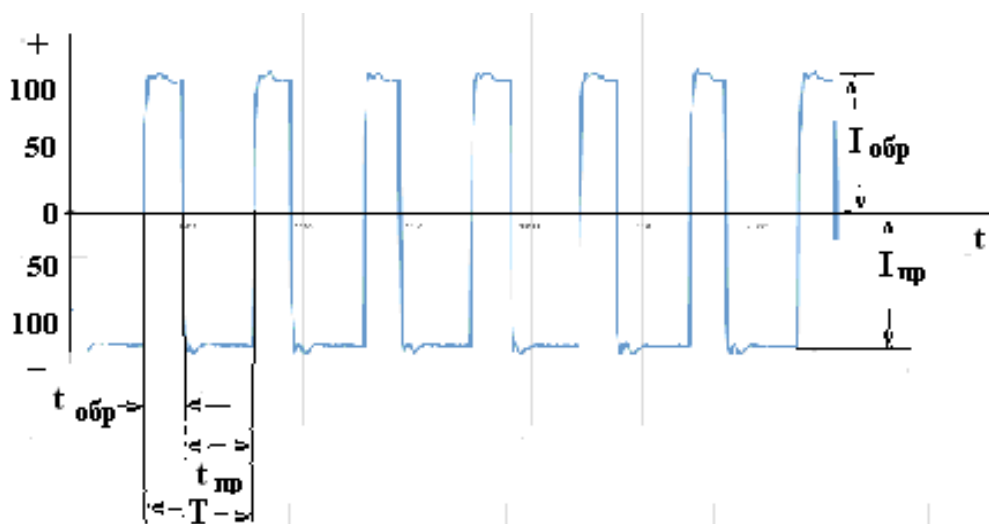


Рисунок 15 - Динамические характеристики: $I_{пр}=I_{обр}=100A$, $t_{обр}/ t_{пр} = 30/70$

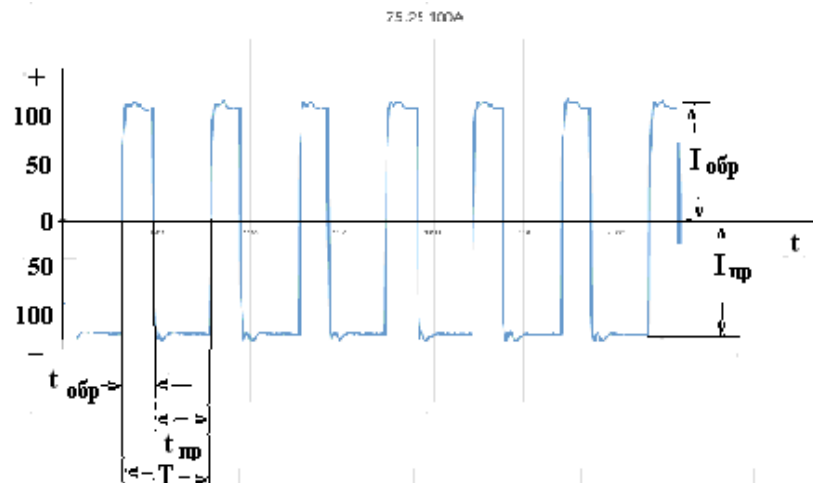


Рисунок 16 - Осциллограмма тока $i=f(t)$: $I_{пр}=I_{обр}=90A$, $t_{обр}/t_{пр} = 52/48$

В качестве инструмента обработки алюминиевого сплава выбран плазматрон ГСД-1 с водяным охлаждением и рассчитанный на ток до 300 А. В плазматроне реализована отдельная подача плазмообразующего и защитного газов (рисунок 17).



Рис. 17 – Внешний вид плазматрона ГСД-1

Таблица 5 – Технические характеристики плазматрона ГСД-1

Наименование параметра	Обозначение	Единица измерения	Величина	Примечание
диаметр W электрода	d_w	мм	1,0-3,0	-
диаметр канала	d_c	мм	1,5-3,0	-
расход газа плазмообразующего	$Q_{пл}$	л/мин	-	-
расход защитного газа	$Q_{защ}$	л/мин	7,0-8,0	-
скрытая длины дуги	$l_{ск}$	мм	1,0-5,0	-
открытая длины дуги	$l_{откр}$	мм	1,0-3,0	-
Ном. ток дуги	$I_{ном}$	А	10-300	-
Расход воды	Q_{H_2O}	л/мин	-	охлаждение

В качестве защитного и плазмообразующего газа используется аргон в баллонах.

2.2 Определение параметров режима сварки защитного корпуса контейнера

Особенности конструкции защитного корпуса состоит в том, что он должен быть герметичен и работать в условиях активного участка выведения на орбиту ракетой-носителем. Кроме этого сварка защитного корпуса производится в условиях, когда элементы электроники: датчики связи навигации, или метеорологии установлены внутри защитного корпуса. В связи с этим, установлены следующие требования к выполнению сварки: температура дна крышки при сварке не должна превышать 100-110 С°. Внешний вид сварного соединения показан на рисунке 3.К параметрам режима сварки сжатой дугой переменным током прямоугольной формы относятся: I_d , $U_{сж д}$, $V_{св}$, $t пр$, $t обр$, f , $Q пл$, $Q защ$, $d c$, $l откр$, $l закр$, $d w$.

Сварка ведется без зазора и без присадочной проволоки. Определение параметров сварки сжатой дугой начинается с выбора параметров самого плазматрона. Для этого выбираем геометрические параметры вставки плазматрона: диаметр сопла d_c . Устанавливаем длину закрытой части сжатой дуги $l_{закр}$. (рисунок 18).

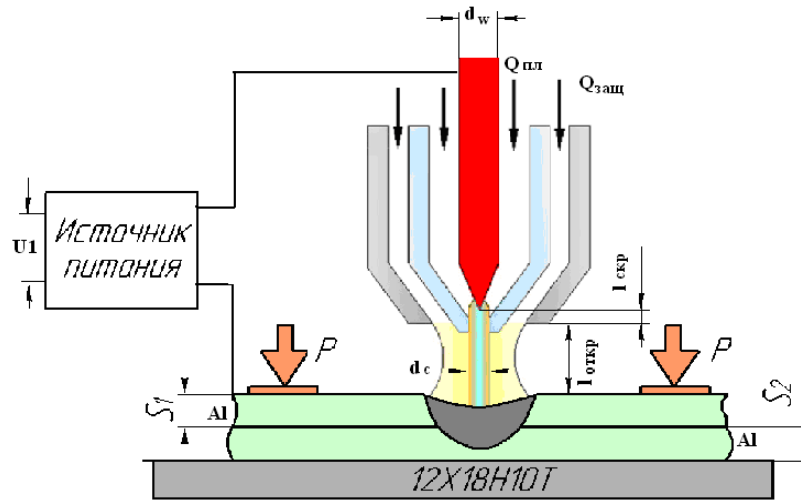


Рисунок 18 – Схема формирования сжатой дуги

Полученные авторами работ экспериментальные данные [Верб. Эсибян], которые приведены на рисунке 19а,б, позволяют определить параметры вставки плазматрона. Величину d_c и $l_{закр}$ выбираем по зависимости $U_d = f(d_c)$ $U_d = f(l_{закр})$ для величины $U_d = 25В$ (сжатой дуги): $d_c = 1,5$ мм, а $l_{к} = 4$ мм.

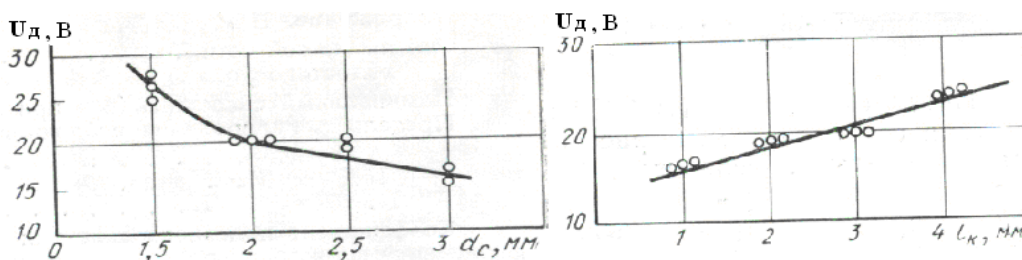


Рисунок 19–Статические характеристики дуги: а) $U_d=f(d_c)$, б) $U_d=f(l_k)$

В этом случае величина $l_{сж д} = l_{закр} + l_{откр}$ может достигать 7мм. (рисунок 20).

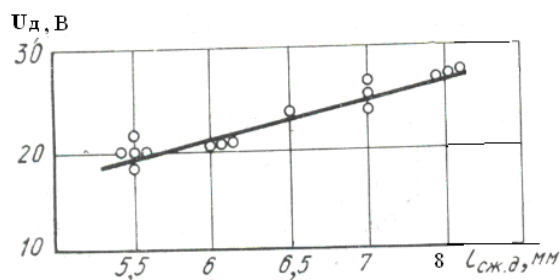
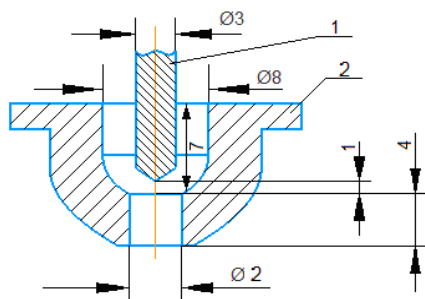


Рисунок 20 - Статическая характеристика сжатой дуги

Определив геометрические параметры вставки для плазматрона, внешний вид которой показан на рисунке 21, переходим к выбору электрических параметров режима.



1- неплавящийся электрод, 2- вставка

Рисунок 21- Внешний вид вставки плазматрона ГСД-1

Геометрические параметры вставки определяют величину $U_d = (25-28)$ В.

Выбираем величину тока сжатой дуги для неразъемного соединения защитного корпуса, геометрические размеры которого приведены на рисунке 3, в интервале $I_d = (65-100)$ А по рекомендациям, приведенным авторами в работе [Николаев].

Однако, использование для сварки инвертора TIG- 200P требует проведения дополнительных исследований. Необходимо учитывать особенности сварки сжатой дугой, а именно возможность образования двойной дуги и как следствие - разрушение вставки (рисунок 22) [12].

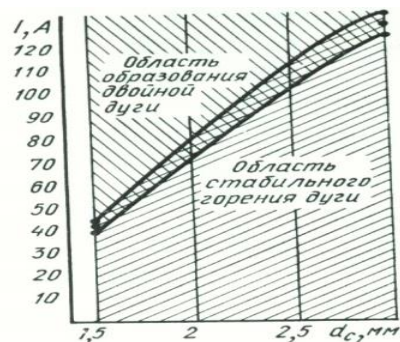


Рисунок 22 – Область образования двойной дуги [12]

В результате проведенных работ определяем величину тока сжатой дуги $I_d = (65 \pm 10\%) \text{ А}$ при $d_c = 2 \text{ мм}$, учитывая рекомендации авторов [12].

Расход плазмообразующего газа выбираем по данным автора [12] (рисунок 23.)

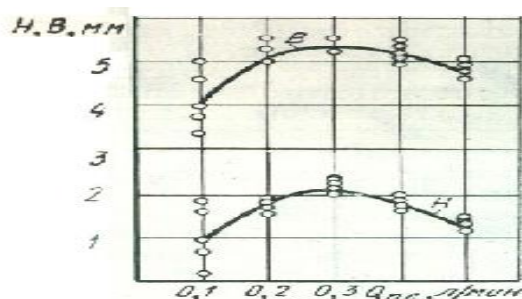


Рисунок 23 – Зависимость размеров шва от расхода плазмообразующего газа

Максимальные размеры шва получены автором работы [12] при $Q_{\text{пл}} = (0,3 - 0,4) \text{ л/мин}$.

В нашем случае лучшие результаты получены при $Q_{\text{пл}} = 0,4 \text{ л/мин}$. Расход защитного газа принимаем равным $Q_{\text{защ}} = 7 \text{ л/мин}$.

Учитывая величину тока дуги и плотность тока на W-электрод ($19,7 \text{ А/мм}^2$), рассчитаем величину $d_w \sim 3 \text{ мм}$.

Таким образом, определены ориентировочно параметры режима сварки сжатой дугой на переменном токе прямоугольной формы:

$I_d = 65 \text{ А}$, $U_{\text{сж д}} = (25-28) \text{ В}$, $V_{\text{св}}$, $f = 50 \text{ Гц}$, $Q_{\text{пл}} = 0,4 \text{ л/мин}$, $Q_{\text{защ}} = 7 \text{ л/мин}$, $d_c = 2 \text{ мм}$, $l_{\text{откр}}$, $l_{\text{закр}} = 5 \text{ мм}$, $d_w = 3 \text{ мм}$, $t_{\text{обр}} / t_{\text{пр}} = 30/70$.

2.3 Описание приспособления для сварки защитного корпуса

Для фиксации корпуса защитного контейнера будет использовано автоматизированное устройство вращения Л-5005-ВР.

Для сварки защитного корпуса нам понадобится фиксатор деталей, эту задачу выполнит автоматизированное устройство вращения Л-5005 ВР (рисунок 24).



Рисунок 24 - Автоматизированное устройство вращения Л-5005-ВР

Автоматизированное устройство вращения (вращатель) Л-5005-ВР предназначено для осуществления сварки кольцевых швов на деталях и изделиях цилиндрической и конической формы.

Таблица 6 - Техническая характеристика вращателя Л-5005-ВР

Скорость вращения	0,05 - 8 об. /мин.
Точность позиционирования	+/- 0,35'
Диаметр кулачкового патрона	60 мм или 80 мм
Диаметр зажимаемых деталей в прямых кулачках (в обратных кулачках)	1,5-30 мм (12-65 мм)
- патрон Ø60 мм	2-25 мм (30-70 мм)
- патрон Ø80 мм	
Диаметр проходного отверстия: патрон Ø60 мм/патрон Ø80 мм	10 мм/16 мм
Угол наклона оси вращения (базовое наклонное основание)	0 - 90°
Питание	24 В
Масса	10 кг
Габариты	260x180x150 мм

Вращатель состоит из шагового двигателя на основании с кулачковым патроном, базового наклонного основания и автономного контроллера управления. Вращатель позволяет закрепить защитный корпус под углом в 90 градусов (рисунок 24).

Автоматизированное устройство вращения Л-5005-ВР оснащено контроллером управления и обеспечивает синхронную работу вращателя и установки, а также позволяет задавать различные параметры движения шагового двигателя вращателя и режимы работы установки. Контроллер оборудован цифровым дисплеем, который визуализирует основные параметры работы вращателя, а также функциональными кнопками и энкодером для удобства управления рисунок 25.

Основные возможности контроллера управления вращателем:

- Автоматический и ручной режим работы,
- Позволяет задавать угол поворота детали в градусах,
- Позволяет задавать диаметр детали в миллиметрах,

- Режим прихватки с возможностью установки количества точек прихватки,
- Позволяет задавать задержку запуска установки после подачи защитного газа (0-9 сек),
- Запоминает начальную точку (0) движения шагового двигателя.



Рисунок 25 – Пульт управления вращателем

2.4 Описание операций технологического процесса сварки сжатой дугой переменного тока прямоугольной формы

Механическая обработка

Технологический процесс изготовления защитного корпуса начинается с операции механической обработки, которая выполняется на токарном станке 1А616. При заданных режимах: скорости обработки 130 м/мин, при оборотах двигателя 700 об/мин, со скоростью подачи 0,05 мм/об. Основное условие данной операции является отклонение геометрических размеров $\pm 0,2$ мм [25].

Обезжиривание

После механической обработки все детали, а именно крышка и корпус, проходят процесс обезжиривания, для этого понадобятся растворы C_2H_5OH , HNO_3 , H_2O , $NaOH$, H_2O . Детали защитной корпуса погружаются в обработки комплектующие детали просушиваются. Для выполнения задач, связанных с перечисленными работами, необходимо создать специальную зону, отделенную от зоны проведения сварочных работ [25]. Для химической обработки деталей доступны несколько методов очистки, однако наиболее

распространенным является метод химической очистки, который включает в себя следующие этапы: первым делом выполняется (травление в 5%-ном растворе каустической соды NOH при температуре $+(60-65)^\circ\text{C}$ в течение 2-3 мин; далее происходит промывка в горячей $(+45-50)^\circ\text{C}$ в воде, а затем в холодной проточной воде; затем производится осветление в $(15-30)\%$ растворе азотной кислоты HN03 при температуре от 60 до 65°C в течение 2-3 мин; следующим шагом является снова промывка в горячей воде, а затем снова в холодной проточной; после этого происходит сушка при температуре не ниже 60°C до полного удаления влаги)[16].

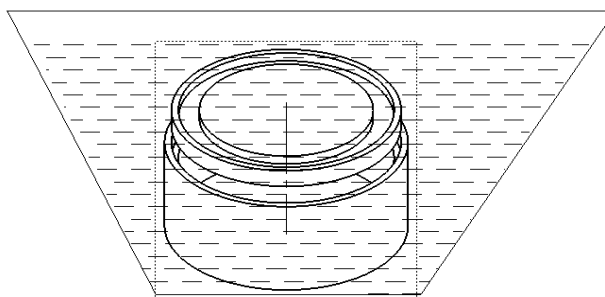


Рисунок 26- Обработка детали в ванне

Сборка деталей защитного корпуса

Сборка деталей защитного корпуса производится после установки в нем датчиков и передающих устройств. После этого начинается этап сборки частей защитного корпуса. Для этого устанавливается крышка в защитный корпус плотно, соблюдая условие отсутствия зазоров и превышения кромок не более 0,2мм. Крышка с корпусом образуют угловое соединение У1 с отбортовкой одной кромки. Вторую кромку обеспечивает конструкция крышки (рисунок 1).

Для фиксации корпуса защитного контейнера используется автоматизированное устройство вращения Л-5005-ВР (рисунок 24). Диаметр зажимаемых деталей в прямых кулачках равен 70мм (таблица 6). Устройство вращения Л-5005-ВР установлено на лабораторной стойке А. Рычина [14] и состыковано с TIG- 200P AC/DC (рисунок 27).



Рисунок 27 – Внешний вид станда для сварки защитного корпуса

Сварка

Сварка сжатой дугой крышки с корпусом из алюминиевого сплава АМГ-3 осуществляется в среде защитных газов сжатой дуговой. Для этого используются комплект оборудования: инвертор с TIG- 200P AC/DC, плазмотрон ГСД-1 с вставкой (рисунок 21), автоматизированное устройство вращения Л-5005-ВР, лабораторный стенд, защитный плазмообразующий газ аргон в баллонах. Ориентировочные режимы сварки приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Ориентировочные режимы сварки приведены в таблице

Тип соединения	I_d, A	$U_{сж д}, B$	$Q_{пл}, л/мин$	$Q_{защ}, л/мин$	$d с, мм$	$d_w, мм$	$L_k, мм$
	65	25-28	0,4	7-8	2,0	3	4

Скорость сварки $V_{св} = 30 м/ч$ [12].

Перед началом сварки необходимо обеспечить чистое и сухое помещение с оптимальной скоростью воздуха.

Также следует тщательно промыть газопроводящие элементы, шланги и сварочную горелку. Обработанные детали нужно хранить в теплом и сухом месте, закрыв кромки чистым чехлом. При использовании неплавящегося электрода ванна жидкого металла образуется только в зоне горения дуги. Подача аргона должна начинаться за 5-7 секунд до возбуждения дуги и заканчиваться через 5-7 секунд после ее обрыва.

Важно следить за размером сварочной ванны и движением плазмотрона по отбортовке.

После сварки необходимо провести контроль качества сварного соединения размер сварочной ванны должен быть минимальным. Плазмотрон строго должен двигаться по от бортовке.

Исходя из опыта, полученного на практике, и учебных материалов следует заключить, что при толщине заготовки 3 мм, необходимо использовать вольфрамовый электрод с диаметром 3 мм, без присадочной проволоки, а сварной шов формируется за счет отбортовки кромок.

При использовании сжатой дуги сварной шов с высокой однородностью материала в данной зоне.

Однородная глубина проплавления по всей длине сварного шва является очень важным показателем, выгодно отличающим технологию сварки сжатой дугой.

Контроль качества

После сварки в обязательном порядке проводят внешний осмотр. Для этого проводится ВИК 100%, с помощью лупы 3-7 кратное увеличения при освещенности не менее 500 Лк.

Так как изделие является особо ответственным, то проводится дополнительно ультразвуковой контроль 100%.

Наиболее быстрый и дешевый, но при этом довольно информативный метод. В целом идентичен проведению ВИК для сталей и регламентируется инструкцией по визуально-измерительному контролю.

С помощью визуально-измерительного контроля можно увидеть дефекты сварных соединений:

- деформации,
- поверхностные трещины,
- подрезы,
- прожоги,
- наплывы,
- кратеры,
- свищи,
- поры.

проверить геометрические размеры сварных швов и допустимости выявленных деформаций, поверхностных несплошностей и дефектов формы.

Для контроля понадобятся специальные инструменты: шаблоны сварщиков, линейки измерительные, лупы, средства освещенности и люксметр, штангенциркули, щупы, угломеры.



Рисунок 28 – Инструменты ВИК

Заключение по разделу

При проектировании технологии сборки и сварки защитного корпуса контейнера космического передатчика из АМг-3 выбрали способ сварки сжатой дугой на переменном токе прямоугольной формы с регулированием длительности тока прямой и обратной полярности. Для этого способа выбрали оборудование:

- инвертор TIG- 200P AC/DC,
- Плазматрон ГСД – 1 с комплектом вставок,
- Вращатель ВЛ – 5005,
- Лабораторный стенд ЛС-1 с узлом крепления для плазмотрона.

На основании экспериментальных данных определены параметры режима сварки защитного корпуса, которые проведены в таблицы 7.

Проведена сварка образцов с предшествующей подготовкой.

На основании выполненных работ спроектирован технологический процесс изготовления корпуса защитного контейнера. Технологический процесс состоит из следующих операций:

- Механическая обработка,
- 2) Обезжиривание и травление,
- 3) Сборка крышки и корпуса контейнера,
- 4) Сварка,
- 5) Контроль качества соединения.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика объекта

Технический объект – это сварная конструкция защитного корпуса контейнера космического передатчика, которая изготавливается по разработанной технологии в закрытом помещении. Таблице 8 приводится технологический паспорт объекта.

Таблица 8 – «Технологический паспорт объекта» [5].

№ п/п	Технологический процесс	Технические операции, вид выполняемых работ	Технические процессы, названия должностей сотрудников, выполняющих операции	Оборудование, технические устройства и приспособления	Материалы, вещества
1	2	3	4	5	6
1	Механич. обработка	Механич. обработка	Токарь	токарный станок 1А616	АМг-3
2	Обезжиривание	Обезжиривание	Оператор	Ванна	C ₂ H ₅ OH, HNO ₃ , H ₂ O, NaOH, H ₂ O
3	Сборка деталей защитного корпуса	Сборка деталей защитного корпуса	сварщик	вращатель Л-5005-ВР; лабораторная стойка	-
4	Сварка	сварка	сварщик	инвертор TIG-200P AC/DC, плазмотрон ГСД-1	АМг-3 Аргон
5	Контроль качества	ВИК	Контролер	Лупа, установка для ультразвукового контроля	-

3.2. Идентификация профессиональных рисков

Таблица 9 – «Идентификация профессиональных рисков» [5].

№ п/п	Производственно-технические и/или оперативно-технические операции, вид выполняемых работ	Опасный и/или вредный производственный фактор	Источник опасного и/или вредного производственного фактора ³
2	Механическая обработка	стружка, зона резания, повышенная запыленность и загазованность на рабочих площадках, высокий уровень шума	токарный станок 1А616, корпус и крышка
3	Обезжиривание	Пары, испарения, горячая вода	C ₂ H ₅ OH, HNO ₃ , H ₂ O, NaOH
4	Сборка деталей защитного корпуса	-	-
5	Сварка	интенсивное излучение дуги; электромагнитные поля; газообразные токсические вещества; шум;	инвертор с TIG- 200P плазмотрон ГСД-1
6	Контроль качества	ультразвук	Установка

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 10 – «Организационно-технические методы и технические средства устранения негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов» [5].

№ п/п	Опасный и/или вредный производственный фактор	Организационно-технические методы и технические средства для защиты, частичного снижения и полного устранения опасных производственных факторов	Средства индивидуальной защиты для работников
2	зона резания	Средства индивидуальной защиты работника	плотный костюм, защитные очки
3	повышенная загазованность воздуха рабочей зоны	Оснастить оборудованием вытяжной вентиляцией	Щиток, шлем, маска, брезентовый костюм, перчатки
4	интенсивное излучение сварочной дуги	Стекла-светофильтры	Щиток и шлем

3.4. Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарной безопасностью на участке производства, необходимо обеспечить защиту работников и имущества.

Учитывая класс возможного пожара (Е), следует использовать технические средства, соответствующие этому классу, для обеспечения безопасности.

Классификация пожаров по виду горючего материала и производственной ситуации позволяет определить возможные риски и принять меры по их предотвращению.

Таблица 11 – «Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки» [5].

Название участка	Наименование оборудования	Классификация по типу горючего материала	Название основной опасности пожара	Название вторичной пожарной опасности
Зона, где происходит сборка и сварка	Стойка, источник питания сварочной дуги, Плазмотрон, машинка шлифовальная	Пожары, возникающие в результате воспламенения или сгорания веществ и материалов в электроустановках, работающих от электричества (Е)	Быстрое повышение температуры внутри и снаружи площадки, выделение опасных веществ при горении, выделение аэрозолей, снижающих видимость внутри и снаружи площадки	К,З на оборудовании, запитанном высоким напряжением; воздействие продуктов разложения соединений, используемых для тушения пожаров, на людей, находящихся в зоне пожара

Таблица 12 – «Ведомость технических средств» [5].

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

Для гарантирования безопасности на производстве и предотвращения возможных аварийных ситуаций необходимо применять соответствующие организационные меры. В таблице 13 перечислены организационные меры, которые обеспечат полную защиту сотрудников и имущества на производственной территории.

Таблица 13 – «Мероприятия организационного характера» [5].

Перечень операций, которые должны быть выполнены в рамках разработанного технического процесса	Перечень мероприятий	Требования пожарной безопасности, которые должны быть соблюдены, эффект - реализован.
Подготовительная операция, сборочная операция, операции сварки, контрольные операции.	Обучение производственного персонала мерам пожарной безопасности и действиям в случае пожара, а также проведение деловых игр с персоналом на противопожарную тематику.	На площадке должно быть соответствующее первичное противопожарное оборудование и экранирование для уменьшения распространения искр.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых решений

Таблица 14 – «Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений» [5].

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сварка защитного корпуса контейнера	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Аэрозоли, газообразные частицы, образующиеся при горении сварочной дуги	Химикаты, используемые в процессе проявки рентгеновской пленки и фиксации полученного изображения	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 15 – «Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений» [5].

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудуйте систему вентиляции фильтрами для улавливания продуктов горения дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме охлаждения плазмотрона и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установите подходящие контейнеры для сбора отходов в зоне сварки и при повторении инструкций подробно объясните необходимость хранения отходов в специально отведенных контейнерах.

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе были рассмотрены меры по обеспечению безопасности на производстве и предотвращению возможных пожаров.

Для этого было необходимо использовать соответствующие технические средства в зависимости от класса возможного пожара (Е).

Проведенный анализ экологичности предложенных технических решений показал, что проведение процесса сварки сжатой дугой защитного корпуса контейнера не оказывает значительного воздействия на окружающую среду.

Однако, следует отметить, что такой процесс может негативно повлиять на воздушную среду.

Таким образом, были выявлены возможные последствия при использовании установки и найдены пути для устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов.

Путем использования стандартных средств защиты можно обеспечить необходимый уровень безопасности и санитарии в производственном процессе, при реализации проектных технологий.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена улучшению качества сварного соединения тонкостенных изделий. Заменяемый вариант механизированной сварки на автоматическую, повышает производительность.

Таблица 16 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса [8].

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	2	2
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p	-	V	V
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12

Продолжение таблицы – 16 [8].

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	Ксн	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	На	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	На.пл.	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	м ²	24	24
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	Цпл	Р/м ²	30000	30000
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000

Продолжение таблицы – 16 [8].

1	2	3	4	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования*, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса:	Цоб	Руб.	115000	135000
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	30	30
Принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02

(*) Список рассматриваемого оборудование и расходные материалы перечислены в (таблице 17)

Таблица – 17 Список используемого оборудования и материалов

Базовая сварка защитной коробки	Проектная сварка защитной коробки
Оборудование	Оборудование
УДГ-160А	TIG
Стенд	Вращатель Л-5005-ВР
РГА 150	Стенд
	Плазматрон
Материалы	
Аргон	Аргон
HNO3	HNO3
H2O	H2O
NaOH	NaOH
C2H5OH	C2H5OH

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Общее время работы сварочного оборудования, поделенное на его производительность, умноженное на коэффициент использования сварочного оборудования. Производительность сварочного оборудования зависит от его параметров, таких как ток, напряжение и скорость сварки, а коэффициент использования определяется отношением времени работы к доступному для работы времени. С учетом особенности конкретного проекта для получения точных результатов мы используем формулу:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{cm}, \quad (1)$$

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

« D_p – общее число рабочих дней в календарном году» [8];

« D_n – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [8];

« T_n – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [8];

« K_{cm} – количество рабочих смен» [8].

«После подстановки в формулу (1) численных значений соответствующих переменных, получим» [8]:

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

«Общее время работы сварочного оборудования делится на произведение производительности сварочного оборудования и коэффициента использования сварочного оборудования. Это время будет задействовано для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8].

$$F_3 = F_H \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (2)$$

где «B – процент планируемых потерь рабочего времени».

«После подстановки в формулу (2) численных значений соответствующих переменных, получим» [8]:

$$F_3 = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет штучного времени

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

$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}},$	(3)
--	-----

«где $t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

« $t_{\text{маш}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

« $t_{\text{ВСП}}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени» [8]: $t_{\text{ВСП}} = 10\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

« $t_{\text{ОБСЛ}}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени» [8]: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

« $t_{\text{ОТЛ}}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени» [8]: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\%$ от $t_{\text{МАШ}}$;

« $t_{\text{П-З}}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\%$ от $t_{\text{МАШ}}$ » [8].

«После подстановки в формулу (3) численных значений соответствующих переменных, получим» [8]:

$$t_{\text{шт.баз}} = 4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 4,84 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3,02 \text{ ч.}$$

«Расчёт годовой программы проведения сварочных работ согласно рассматриваемого технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним по формуле» [8]:

$$П_{Г} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}}, \quad (4)$$

«где $F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

« $t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [8].

«После подстановки в формулу (4) численных значений соответствующих переменных, получим» [8]:

$$П_{Г.\text{баз.}} = 2054/4,84 = 424 \text{ изделий за год};$$

$$П_{Г.\text{проектн.}} = 2054/3,02 = 680 \text{ изделий за год}.$$

«Дальнейшие расчёты по определению экономической эффективности предлагаемых решений будем проводить исходя из годовой программы $П_{Г} = 400$ изделий за год» [8].

«Требуемое в этом случае количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле» [8]:

$$n_{\text{РАСЧ}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot П_{Г}}{F_{\text{Э}} \cdot K_{\text{ВН}}}, \quad (5)$$

где « $П_{Г}$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

« $t_{\text{шт}}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

«Fэ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

«K_{вн} – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы» [8].

«После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [8]:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{4,84 \cdot 400}{2054 \cdot 1,03} = 0,92$$

$$n_{РАСЧ.ПР} = \frac{3,02 \cdot 400}{2054 \cdot 1,03} = 0,57$$

«На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования» [8].

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [8]:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (6)$$

где «n_{расч} – полученное согласно (5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

«n_{пр} – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8].

«После подстановки в формулу (5) численных значений соответствующих переменных, получим» [8]:

$$K_{зб} = 0,92/1 = 0,92$$

$$K_{зп} = 0,57/1 = 0,57$$

4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки

«Для расчета затрат на сварочные материалы необходимо учитывать длину шва, ширину шва, толщину металла, плотность материала и коэффициент запаса. В зависимости от выбранного типа сварки (ручной дуговой или механизированной), производительность сварочного оборудования также будет влиять на затраты на сварочные материалы. Для расчета применим формулу» [8]:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з}, \quad (7)$$

где « C_m – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [8];

« $K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования расходы» [8].

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

$$M_{баз.} = 197,84 + 286,1 = 483,94$$

$$M_{проектн.} = 98,35 + 142,32 = 240,67 \text{ рублей}$$

«Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп.}$ » [8].

«Объём $Z_{осн}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot K_{д} \quad (8)$$

где « $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [8];

« $K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате» [8].

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

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 4,84 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1819,84 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3,02 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1135,52 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$Z_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (9)$$

где « $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [8].

«После подстановки в формулу (2) численных значений соответствующих переменных, получим» [8]:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 1819,84 \cdot 12/100 = 218 \text{ рублей;}$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 1135,52 \cdot 12/100 = 136 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов..}} = 1819,84 + 218,38 = 2038 \text{ рублей;}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 1135,52 + 136,26 = 1271 \text{ рублей.}$$

«Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}/100, \quad (10)$$

где « $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды» [8].

«После подстановки в формулу (10) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$O_{\text{сбаз.}} = 2038,22 \cdot 30 / 100 = 693 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сспроектн.}} = 1271,78 \cdot 30 / 100 = 432 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (11)$$

«где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

« $P_{\text{э-э}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8].

«Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8]:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (12)$$

«где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ» [8];

« $N_{\text{а}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [8];

« $t_{\text{МАШ}}$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

« F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8].

«После подстановки в формулу (12) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\begin{aligned} A_{об.б} &= 48,15 \\ A_{об.пр} &= 35,32 \\ &\text{рублей} \end{aligned}$$

«Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{max} \cdot C_{э-э}}{КПД} \quad (13)$$

«где $M_{уст}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8];

« $C_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [8];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [8].

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\begin{aligned} P_{э-эб} &= \frac{9 \cdot 4 \cdot 3,02}{0,7} = 155,31 \\ &\text{рублей} \\ P_{э-эпр} &= \frac{9 \cdot 2,5 \cdot 3,02}{0,7} = 97,07 \\ &\text{рублей} \end{aligned}$$

$$З_{об\text{баз.}} = 25,512 + 155,31 = 180,43 \text{ рублей}$$

$$З_{об\text{проектн.}} = 48,15 + 35,32 = 83,45 \text{ рублей}$$

«Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} \quad (14)$$

«После подстановки в формулу (14) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 483,94 + 2038,22 + 693 + 180,43 = 3395,59 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 240,67 + 1271,78 + 432,41 + 119,05 = 2063,91 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (15)$$

«где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8].

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 3395,59 + 1,5 \cdot 1819,84 = 3395,59 + 2729,76 = 6125,35 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 2063,91 + 1,5 \cdot 1135,52 = 2063,91 + 1703,28 = 3767,19 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (16)$$

«где $K_{\text{ЗАВ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [8].

«После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 6125,35 + 1,15 \cdot 1819,84 = 6125,35 + 2092,82 = 8218,17 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 3767,19 + 1,15 \cdot 1135,52 = 235,2 + 3767,19 = 5073,04 \text{ руб.}$$

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу» [8] (таблица 2).

Таблица 2 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [8].

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция. руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	136	136
2	Фонд заработной платы	ФЗП	2038	1271,8
3	Отчисления на соц. нужды	$O_{\text{СН}}$	693,00	432
4	Затраты на оборудование	$Z_{\text{об}}$	180,43	119
	Себестоимость технологич.	$C_{\text{тех}}$	3395,6	2063
6	Расходы цеховые	$R_{\text{цех}}$	2729,8	1703
	Себестоимость цеховая	$C_{\text{цех}}$	6125	3767
7	Расходы заводские	$R_{\text{зав}}$	2092,9	1305,9
	Себестоимость заводская	$C_{\text{ЗАВ}}$	8218	5073

4.5 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

«Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (17)$$

«где $K_{\text{З}}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [8];

« $C_{\text{ОБ.Б}}$ – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [8];

« n – ранее полученное количество единиц технологического оборудования, для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам» [8].

«Величину $C_{\text{ОБ.Б}}$ остаточной стоимости технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$C_{\text{ОБ.Б}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (18)$$

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

« $T_{\text{СЛ}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [8];

« $N_{\text{А}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [8].

«После подстановки в формулу (17) и (18) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\text{Ц}_{\text{Об.Баз.}} = 600000 - (600000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 21300 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОбщБаз.}} = 1 \cdot 21300 \cdot 0,46 = 9798 \text{ рублей}$$

«Величину $\text{К}_{\text{Общ.Пр}}$ общих капитальных затрат для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$\text{К}_{\text{ОбщПр}} = \text{К}_{\text{ОбПр}} + \text{К}_{\text{ПлПр}} + \text{К}_{\text{СопПр}} \quad (19)$$

«Где $\text{К}_{\text{Об.Пр}}$ – расчётный объём капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии» [8];

« $\text{К}_{\text{Пл.Пр}}$ – расчётный объём капитальных вложений в производственные площади, задействованные для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии» [8];

« $\text{К}_{\text{Соп.Пр}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [8].

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

$$\text{К}_{\text{ОбПроектн}} = \text{Ц}_{\text{ОбПр}} \cdot \text{К}_{\text{Т-З}} \cdot \text{К}_{\text{ЗБ}} \quad (20)$$

«После подстановки в формулу (20) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\text{К}_{\text{ОбПроектн.}} = 135000 \cdot 1,05 \cdot 0,57 = 80797,5 \text{ руб.}$$

«Объём $K_{\text{СОП}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (21)$$

«где $K_{\text{ДЕМ}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [8];

« $K_{\text{МОНТ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [8].

«Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Pi_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (22)$$

где « $K_{\text{ДЕМ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [8].

«После подстановки в формулу (4.22) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 115000 \cdot 0,05 = 5750 \text{ руб.}$$

«Затраты $K_{\text{МОН}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по проектному варианту, определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (23)$$

«где $K_{\text{МОНТ}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [8].

«После подстановки в формулы (22) и (23) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$K_{\text{МОНТ}} = 135000 \cdot 0,05 = 6750 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 5750 + 6750 = 12500 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 50274 + 12500 = 62774 \text{ руб.}$$

«Размер $K_{\text{доп}}$ дополнительных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общ}}. \quad (24)$$

«После подстановки в формулу (24) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$K_{\text{доп}} = 62774 - 9798 = 52976 \text{ руб.}$$

«Размер $K_{\text{уд}}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (25)$$

«где Π_{Γ} – принятое значение годовой программы» [8].

«После подстановки в формулу (25) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$K_{\text{удБаз.}} = 9798/400 = 24,50 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 62774 /400 = 156,935 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчётное определение показателей экономической и эффективности предлагаемых решений

«Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПр}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (26)$$

«После подстановки в формулу (26) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\Delta t_{шт} = \frac{4,84 - 3,02}{4,84} \cdot 100\% = 38\%$$

«Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (27)$$

«После подстановки в формулу (27) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 38}{100 - 38} = 61\%$$

«Снижение $\Delta C_{тех}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{техб} - C_{техпр}}{C_{техб}} \cdot 100\% \quad (28)$$

«После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\Delta C_{тех} = \frac{3395,59 - 2063,91}{3395,59} \cdot 100\% = 40\%$$

«Условно-годовую экономию $\text{Пр}_{ож}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$\text{Пр}_{ож.} = \text{Э}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot \Pi_T \quad (29)$$

«После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\text{Э}_{у.г.} = (8218,17 - 5073,04) \cdot 400 = 1258052 \text{ руб.}$$

«Срок $T_{ок}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\Delta_{уг}} \quad (30)$$

«После подстановки в формулу (30) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$T_{ок} = \frac{47676}{1258052} = 0,37$$

«Годовой экономический эффект $\Delta_{г}$ в сфере при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы» [8]:

$$\Delta_{г} = \Delta_{уг} - E_n \cdot K_{доп} \quad (31)$$

«После подстановки в формулу (31) численных значений соответствующих переменных, имеем» [8]:

$$\Delta_{г} = 1258052 - 0,33 \cdot 47676 = 1242318 \text{ руб.}$$

Заключение по экономическому разделу

Рассматриваемый базовый вариант сварки с применением ручной дуговой сварки обладает малой производительностью.

В проектном варианте технологии предложено заменить ручную дуговую сварку на механизированную, чтобы увеличить производительность труда и снизить трудозатраты на 37%.

Проведенные расчеты подтвердили эффективность этого решения: производительность труда увеличится на 62%, а технологическая себестоимость уменьшится на 39%.

Кроме того, внедрение данного решения приведет к годовой экономии в размере 1,2 млн. рублей.

Заключение

Защитный корпус контейнера - это конструкция космической техники. Именно это определяет особые требования к эксплуатации данного изделия.

Внутри защитного контейнера помещаются специальные схемы, датчики, блоки питания, которые осуществляют сбор информации. Полученные данные от спутников, представляют особый интерес для отраслей спутниковой связи, навигации, метеорологии и др.

Эти данные транслируются на Землю и анализируются. Для передачи этих данных используются датчики и устройства, которые в свою очередь необходимо защитить от перегрева, как в период запуска спутника, так и во время работы его на орбите нашей планеты, а также при сварке крышки с корпусом из алюминиевого сплава.

Для того чтобы выполнить эти требования, разработан технологический процесс сварки сжатой дугой переменного тока прямоугольной формы в защитной среде аргона.

Предъявляемые требования выполняются за счет высокой концентрации теплового потока при сварке сжатой дугой и малой зоной термического влияния. Применение прямоугольной формы тока позволяет повысить удельную плотность энергии до $(1,3 \cdot 10^5)$ Вт/см² при минимальном площади пятна нагрева (10^{-7} см²).

В работе выбраны режимы сварки, необходимое сварочное оборудование. Проведенные расчеты по экономике подтвердили эффективность принятых решений: производительность труда увеличится на 62%, а технологическая себестоимость уменьшится на 39%.

Поставленные задачи выполнены, можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы.

Список используемой литературы

1. Астафьев А.С., Гуляев А.П. О росте зерна стали в околошовной зоне // Сварочное производство. 1972. - №7. - С. 45-47.
2. Баранов М.С., Воцинский М.Л. Состояние и перспективы развития лазерной сварки // Сварочное производство. 1967. - №11. - С. 52-55.
3. Болдырев А.М., Биржев В.А. Влияние магнитного поля на проплавляющую способность дуги прямой полярности // Сварочное производство. — 1982. — №4. — С. 10-11.
4. В.Н. Бекасова, С.И. Боровик, Н.В. Глотова, В.Г. Давлятшин, В.Г. Зеленкин, Л.М. Киселева, И.С. Окраинская, И.П. Палатинская, А.В. Хашковский, Н.А. Хусаинова; Безопасность жизнедеятельности в дипломных проектах; учебное пособие; Челябинск 2007 год.
5. Горина, Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : электрон. учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2018. – 1 оптический диск.
6. Зубченко А.С. Хрупкость при 475°C хромистых ферритных сталей при сварочном и печном нагреве // Сварочное производство. 1981. - №12. - С. 2628.
7. К.В Васильев; Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы; Газоэлектрическая резка металлов; Москва 1963
8. Краснопевцева, И.В. Экономика и управление машиностроительным производством [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева, Н. В. Зубкова ; ТГУ ; Ин-т финансов, экономики и 55 управления ; каф. "Торговое дело и управление производством". - Тольятти: ТГУ, 2014. - 183 с.

9. Мироненко В.Н., Евстифеев В.С., Коршункова С.А. О выборе метода сварки алюминиевого сплава 1420 // Сварочное производство. — 1982. — №11. — С. 13-15.
10. Назаренко О.К. Достижения и перспективы применения электроннолучевой сварки // Сварочное производство. 1967. -№11. - С. 48-52.
11. Николаев Г.А. и Ольшанский Н.А.; Специальные методы сварки: учебное пособие для студентов вузов. изд. 2-е, испр. и доп. – М., <Машиностроение>, 1975.
12. Петров А.В., Славин Г.А., Вербицкий В.Г. Исследование тепловой эффективности процесса сварки сжатой дугой тонколистового материала // Сварочное производство. 1967. - №2. - С. 6-8.
13. В.М. Рыбаков; Сварка и резка металлов: Учебник для сред, проф.-техн. училищ. - 2-е изд., испр. - М.: Высш. школа, 1979. - 214 с., ил. - (Профтехобразование. Сварка. Резка).
14. Рыкалин Н.Н., Углов А.А. Расчет процессов нагрева при сварке металлов лучом лазера // Сварочное производство. 1967. - №6. - С. 1-5.
15. Рычин А.И. Технология сварки и сборки многофункциональной лабораторной стойки: бакалаврская работа. – Тольятти, 2023г.- 70с..
16. С.А.Бочкин. Технология восстановления корпуса электродвигателя гидравлического насоса: бакалаврская работа. – Тольятти, 2019г. - 65с.
17. Савинов А.В., Лапин И.Е., Лысак В.И., Дуговая сварка неплавящимся электродом. – М. :Машиностроение, 2011. – 477с.
18. Федько В.Т., Шматченко В.С. Влияние компонентов газовой среды на теплофизические свойства сварочной дуги (обзор) // Сварочное производство. — 2001. -№8.-С. 27-32.
19. Эсибян, Э.М. Плазменно-дуговая аппаратура. – Киев:< Техника> , 1971. – 164с.

20. Becher W., Massone J. Beitrag zur zeretzung von Schwefelhexafluorid in elektrischen Lichtbogen und Funken // Elektrotechnische Zeitschrift. 1970, 91. -No.11.-S. 605-610.
21. Cresswell R.A. Gases and Gas Mixtures in MIG and TIG Welding // Welding and Metal Fabrication. 1972. - April. - P. 114-119.
22. Grotheim K. and Welch B.S. "Aluminium Smelter Technology - Pure and Applied Approach" Aluminium. Verlag, Dusseldorf, 1980.
23. Jackson C.E. The Science of Arc Welding // Welding Journal. 1960. - №4. -P. 147-158.
24. Prasad K.S., Rao C.S., Rao D.N. Advances in Plasma Arc Welding: a review // Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2012. Vol. 4. No. 1. P. 35–59.
25. The Seventeenth CIRP Conference on Electro Physical and Chemical Machining (ISEM) Review of Electrochemical and Electrodischarge Machining K.P. Rajurkara, M. M. Sundaramb, A. P. Malshec - Procedia Cirp, 2013.