

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Технологии сварочного производства и инженерия поверхностей

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Сборка и сварка основания антенны сотовой связи

Обучающийся

Н.В. Саросека

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доц. Г.М. Короткова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

канд. физ.-мат. наук, доц. Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

ст. препод. А.Н.Кирюшкина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы повышения производительности сборки и сварки основания антенны сотовой связи. В работе обоснована актуальность разработки вопросов, связанных с изготовлением антенн сотовой связи, учитывая размеры территории Российской Федерации, сформулированы цель и задачи достижения поставленной цели.

Анализ исходных данных, проведенный в 1 главе, показал, что антенна сотовой связи – это сложная сварная конструкция, состоящая из отдельных узлов и деталей. В большинстве случаев при производстве антенн сотовой связи применяется ручная дуговая сварка, которая не обеспечивает необходимую производительность и качество соединений, поэтому предлагается использовать механизированную сварку плавящимся электродом сплошного сечения в защитной среде газов.

Во 2-й главе приведен проектный вариант технологии сборки и сварки. Определены условия сборки и сварки, выбрано необходимое сварочное оборудование и приспособления, дано описание операций сборки и сварки, проведен расчет параметров режима сварки.

Безопасность и экологичность предлагаемых решений изложена в 3 главе. Разработаны мероприятия по безопасности сварочных работ и мероприятия пожарной безопасности.

Экономическая эффективность принятых технологических решений приведена в главе 4, в которой определена себестоимость изготовления антенны сотовой связи для РДС и механизированной сварки плавящимся электродом. Работа содержит 67 стр. пояснительной записки, 16 рисунков, 23 таблицы и презентация, в том числе 5 чертежей.

Annotation

The final qualification work considers the issues of increasing the productivity of assembly and welding of the base of the cellular antenna. The paper substantiates the relevance of developing issues related to the manufacture of cellular antennas, taking into account the size of the territory of the Russian Federation, and formulates the goal and objectives for achieving the set goal.

The analysis of the initial data carried out in Chapter 1 showed that the cellular antenna is a complex welded structure consisting of individual units and parts. In most cases, manual arc welding is used in the production of cellular antennas, which does not provide the necessary productivity and quality of connections, therefore, it is proposed to use mechanized welding with a solid consumable electrode in a protective gas environment.

Chapter 2 presents a design version of the assembly and welding technology. Assembly and welding conditions are determined, the necessary welding equipment and devices are selected, assembly and welding operations are described, and the welding mode parameters are calculated.

The safety and environmental friendliness of the proposed solutions are described in Chapter 3. Welding safety measures and fire safety measures are developed.

The economic efficiency of the technological solutions adopted is given in Chapter 4, which defines the cost of manufacturing a cellular communication antenna for RDS and mechanized melting electrode welding. The work contains 67 pages of explanatory notes, 16 figures, 23 tables and a presentation, including 5 drawings.

Содержание

Введение.....	6
1 Анализ исходных данных по изготовлению мачты антенны сотовой связи.....	7
1.1 Описание мачты антенны сотовой связи, условий её эксплуатации.....	7
1.2 Характеристика материала мачты антенны.....	9
1.3 Анализ способов сварки.....	12
1.4 Базовый технологический процесс сварки мачты антенны.....	17
1.5 Задачи выпускной квалификационной работы.....	18
2 Разработка технологического процесса сборки и сварки мачты антенны.....	20
2.1 Выбор оборудования для сборки и сварки основания антенны.....	20
2.2 Технологичность изготовления мачты антенны.....	21
2.3 Расчет и выбор параметров режимов.....	26
2.4 Технологический процесс сборки и сварки основания антенны сотовой связи.....	28
3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений.....	41
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	41
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	42
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	43
3.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	44
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений.....	46

4 Экономическая эффективность технологических решений.....	49
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов....	49
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	51
4.3 Расчет штучного времени.....	52
4.4 Расчет заводской себестоимости вариантов технологии сварки.....	56
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.....	61
4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.....	64
Заключение.....	67
Список используемой литературы.....	68

Введение

«С развитием сетей связи третьего и четвертого поколений требуется модернизация антенной части как базовых станций, так и сотовых телефонов. Антенны должны работать в новых дополнительных диапазонах, превышающих 2.2 ГГц. Более того, работа в двух и даже трех диапазонах должна производиться одновременно. Вследствие этого антенная часть включает в себя довольно сложные электромеханические схемы, которые должны обеспечивать должное функционирование в сложных климатических условиях» [1]. Для обеспечения связи в условиях Дальнего Востока и Сибири при открытии новых месторождений полезных ископаемых как на суше, так и в океанах пользуются вышками сотовой связи в разных диапазонах. «Пример: четырёх диапазонная PIF-антенна, которая работает в частотных диапазонах 824–894 МГц (3G UMTS–FDD, BAND 5), 1910–1990 МГц (3G UMTS–TDD, BAND36–37), 2500–2690 МГц (4GLTE–FDD, BAND 7) и 3300–3400 МГц (4GWiMAX–TDD) в работе, раздел «Базовые станции МТС» [1]. Своевременное налаживание связи в сложных погодных условиях ускоряет добычу, чем раньше будет установлена связь с отдаленной точкой добычи, тем раньше приступят к разведке геологоразведочных работ.

При затягивании с геологоразведочными работами происходит потеря времени и финансовых средств (источников финансирования), которые приводят к уменьшению дохода предпринимателя.

Известно, что антенна сотовой связи – это сложная сварная конструкция, состоящая из отдельных узлов и деталей. В большинстве случаев при производстве мачт антенн связи используются способ ручной дуговой способ сварки. Этот способ не обеспечивает необходимую производительность.

Поэтому целью проекта является повышение производительности изготовления основания антенны сотовой связи (мачта антенны).

1 Анализ исходных данных по изготовлению мачты антенны связи

1.1 Описание мачты антенны сотовой связи, и условий её эксплуатации

Антенны сотовой связи, работающие в условиях Дальнего Востока и Сибири – это сложные сварные конструкции, состоящие из нескольких частей (рисунок 1).

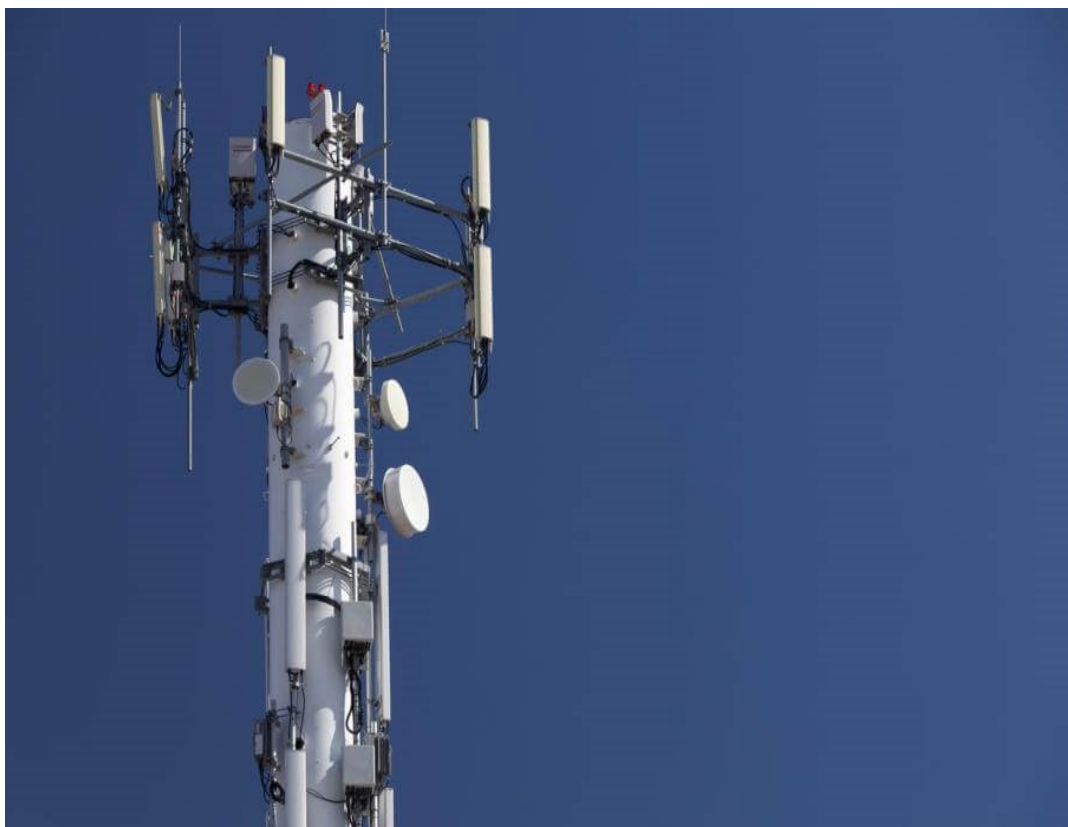
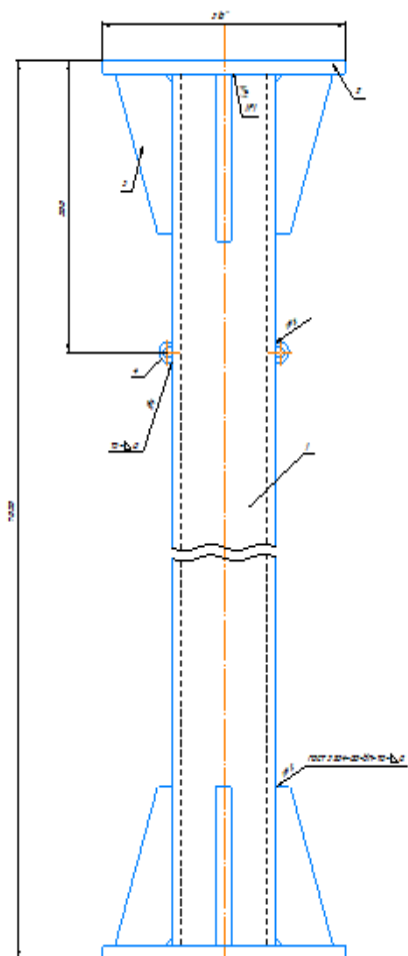


Рисунок 1 – Антенна для радио-, теле- и телефонной связи

В данной работе рассматривается изготовление основания мачты антенны сотовой связи, используемой для покрытия телефонной связи на определенном расстоянии.

Основание антенны, состоит из нескольких частей, которые показаны на рисунке 2. Частью этой мачты является труба диаметром 219 мм с толщиной

стенок 20 мм (1) сваренная с двумя плитами размером (510·500) мм и толщиной 20 мм (2).



1 – труба, 2 – плиты, 3 – ребра жесткости , 4 – проушины

Рисунок 2 – Конструкция мачты антенны сотовой связи

Рёбра жесткости привариваются к плите и трубе. Транспортировочные проушины привариваются непосредственно к трубе на расстоянии 500 мм от верхней плиты (рисунок 2). Проушины служат для транспортировки краном по цеху.

В качестве материала для всех деталей используется хорошо свариваемая сталь Ст. 09Г2С.

При введении в эксплуатацию антенны она может быть подвержена воздействию природных условий и иногда механическому воздействию; при динамических и знакопеременных нагрузках; при перепадах температур, что приводит к возникновению коррозии и других дефектов (таких как эксцентриситет крепления элементов решётки к поясам и стыковки элементов решётки между собой; закручивание ствола мачты по высоте; продольные трещины; некачественные фланцевые соединения). «Так как остановка связи может быть критична, может понести за собой отрицательные последствия, в холодных широтах России, что повлечёт за собой колоссальные убытки, поэтому важно производить установку в максимально быстрый срок» [25].

Основание (мачта) антенны – это ответственная сварная конструкция, которая является составной частью антенны, используемой при строительстве антенн (рисунок 2). Такая конструкция имеет вес 416 кг. В дальнейшем основание антенны сотовой связи, принято называть мачта антенны. Количество деталей входящих в состав мачты антенны: 1) – труба – 1 шт., 2) — плита — 2 шт., 3) — ребро — 8 шт., 4) – проушины – 2 шт.

«Сварная конструкция является ответственной частью антенны, то требования к швам сварных соединений жесткие, а именно швы сварных соединений должны быть прочными, плотными и соответствовать требованиям к изготовлению таким как указано в ГОСТ 5264-80» [5].

1.2 Характеристика материала мачты антенны

При выборе сталей для изготовления сварных конструкций необходимо исходить из условия обеспечения надежной, безопасной и длительной эксплуатации.

Низколегированные конструкционные стали, как правило, используются для изготовления ответственных сварных конструкций.

Для ответственных сварных конструкций, которые эксплуатируются при разных температурах, рекомендуется использовать хорошо свариваемые

низколегированные стали 09Г2С, 14Г2АФ, 09Г2, 10ХСНД, 15ХСНД, 16ГС. Выбираем сталь марки 09Г2С.

Сталь 09Г2С хорошо сваривается и слабо подвержена коррозии. Применяется для сварных конструкций высокой надежности. Это самая распространенная сталь для изготовления сварных конструкций, в том числе для изготовления антенн радиосвязи и телекоммуникаций.

Сталь 09Г2С хорошо сваривается всеми известными способами сварки плавлением, поэтому необходимо выбрать наиболее производительный способ сварки [19].

Характеристики стали 09Г2С приведены в таблицах 1 и 2:

Таблица 1 - Состав низколегированных конструкционных марка стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014, ГОСТ 5520-2017 % [6,7]

Стандарт	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	V	Mo
ГОСТ 19281	≤ 0,12	0,5- 0,8	1,3- 1,7	< 0,030	< 0,035	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,12	-
ГОСТ 5520	≤ 0,12	0,5- 0,8	1,3- 1,7	< 0,035	0,025	0,3	0,3	0,3	< 0,05	0,08
Выбранные характеристики	0,12	0,5	1,5	0,035	0,025	0,3	0,3	0,3	< 0,12	0,08

«Таблица 2 Механические свойства низколегированных конструкционных изделий марка стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014, % [20]

Толщина металла, мм	Временное сопротивление σ _в , МПа	Предельная текучесть σ _т , МПа	Относительное удлинение, %δ (Δ ₅)
10 - 160	430 - 490	265-345	>21
10	470	325	21

«Свариваемость оценивается по содержанию углерода, которое рассчитывается по формуле» [8]:

$$C_{\Sigma} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

где C, Mn, Cr, Mo, V, Ni, Cu – массовые доли углерода, хрома, марганца,

кремния, хрома, никель, молибден, %;

$$C_{\Sigma} = 0,12 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,3+0,05}{5} + \frac{0,08}{4} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,035}{2} = 0,49 \%$$

или

если отсутствуют некоторые значения, принимаем формулу:

$$C_{\Sigma} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{1}{20} = 0,42 \%, \quad (2)$$

$$C_{\Sigma} = 0,12 + \frac{1,5}{6} + \frac{1}{20} = 0,42 \%$$

Свариваемость стали приведена в таблице 3:

Таблица 3 –« Свариваемость металла (сталь)» [8]

Углеродный эквивалент (CE)	Свариваемость
До 0,25	Хорошо
Свыше 0,25 до 0,35 вкл.	Удовлетворительно
Свыше 0,35 до 0,45 вкл.	Ограниченно
Свыше 0,45	Плохо

Расчет по этой формуле является ориентировочным, так как толщина металла не учитывается. Полный эквивалент рассчитывается с учетом толщины свариваемого металла, что является поправкой на углеродный эквивалент C_{Σ} :

$$C_{\Sigma} = CE + N = C_E(1 + 0,005 \cdot S), \quad (3)$$

$$C_{\Sigma} = 0,42 \cdot (1 + 0,005 \cdot 20) = 0,46 \%.$$

Вывод: сталь 09Г2С относится ко второй группе свариваемости, то есть обладает удовлетворительной свариваемостью в широком диапазоне режимов без дополнительных технологических приемов.

1.3 Анализ способов сварки

В базовом варианте применяется ручной дуговой способ сварки покрытыми штучными электродами. Но кроме этих способов сварки применяются и другие способы получения неразъемных соединений.

Ручная дуговая сварка покрытым электродом

«Электрическая дуговая сварка является ведущим технологическим процессом в производстве сварных конструкций. Источником нагрева при дуговой сварке служит электрическая дуга, определяющая производительность расплавления металла» [11]. РДС является самым распространенным способом сварки среди всех способов. Обладанием этим способом является для сварщика первостепенным навыком на пути его обучения.

Преимущества способа: 1) высокие свойства сварных соединений; 2) доступность в труднодоступных местах; 3) простота и надежность оборудования; 4) большой выбор сварочных электродов; 5) простота и универсальность оборудования; 6) удобство использования; 7) дешевизна оборудования.

Недостатки способа: 1) вредность процесса сварки; 2) низкая производительность (всего 5 м/ч); 3) проблемы с деталями толщиной 1,5 мм.; 4) шлак; 5) необходимость качественной зачистки деталей. Схема способа представлена на рисунке 3:

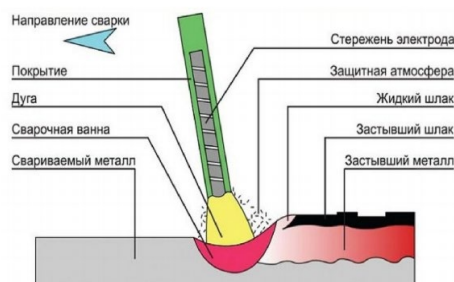


Рисунок 3 – Схема ручной дуговой сварки покрытым электродом

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

«Для получения при дуговой сварке высококачественных соединений необходима защита зоны дуги и расплавленного металла от вредного воздействия воздуха, а в ряде случаев также легирование и металлургическая обработка металла шва. При сварке в защитных газах для защиты зоны дуги и расплавленного металла используют газ, подаваемый струей при помощи горелки» [21].

В рассмотренных условиях является наиболее подходящим из предоставленных в РД вариантов. Производительность сварки этого способа в полтора-два раза выше, чем у ручного варианта. Средством защиты металла является не просто CO_2 , а смесь газов углекислоты и аргона, в соотношении 75% и 25 %, что снижает разбрызгивание электродной проволоки в процессе сварки. Применение такой смеси обеспечит плавные переходы с валика шва на основной металл, хорошее формирование металла шва, также данная смесь обладает сочетанием отличных технологических и металлургических свойств.

Преимущества способа: 1) высокая производительность; 2) ввод легирующих элементов; 3) отсутствие флюсов и покрытий; 4) мало отходов.

Недостатки способа: 1) пористость металла; 2) турбулентность газового потока; 3) некачественное сплавление металла; 4) недостаточная ударная вязкость. Схема способа представлена на рисунке 4:

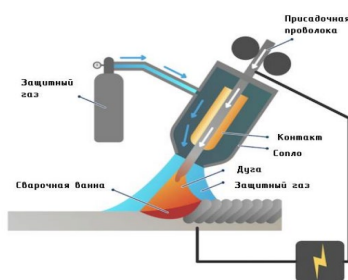


Рисунок 4 – Схема механизированной сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов

«Сварка плавящимся электродом в среде защитных газов имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами сварки:

- видимость процесса сварки и горения дуги для сварщика;
- отсутствие необходимости в устройствах для подачи и слива флюса;
- хорошее качество швов. Сварные швы не требуют дополнительной очистки от остатков флюса и шлака;
- повышенная производительность сварки в углекислом газе, благодаря качественному использованию тепла дуги;
- возможность проведения работ в разных пространственных положениях в режимах автоматической и полуавтоматической сварки;
- низкая стоимость углекислого газа.
- Наличие сварочных работ на весу без использования подложки.

Выбор материалов для сварки в защитной среде определяется особенностями данного способа сварки. Для их выполнения используют:

- сварочная проволока;
- защитной среде». [15,21].

Механизированная сварка порошковой проволокой в среде защитных газов

Отличается от механизированной сварки плавящимся электродом сплошного сечения газовой защитой места сварки и конструкции электродной проволоки. «При сварке порошковыми проволоками может быть получен процесс сварки с непрерывным горением дуги и переносом каплями среднего размера, а при сварке активизированной проволокой – струйный процесс» [17].

Но в сравнении с обычной проволокой сплошного сечения, данная проволока имеет большую стоимость, что при выборе между сваркой в защитных газах и сваркой порошковой проволокой является экономически не выгодно. Несмотря на достоинства данного способа, применение в данном случае не имеет смысла, так как Украина продала авторские права на рецепты порошковой проволоки и оборудование для сварки США.

Преимущества способа: 1) большая производительность; 2) использование микролегирующих элементов.

Недостатки способа: 1) высокая стоимость проволоки; 2) плохая видимость сварного шва; 3) слабая жёсткость ;4) вероятность образования пор. Схема способа представлена на рисунке 5:



Рисунок 5 – Схема механизированной сварки порошковой проволокой в среде защитных газов

Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов.

Автоматическая сварка в углекислом газе осуществляется плавящимся электродом. Дуга, металл сварочной ванны, плавящийся электрод и кристаллизующийся шов защищены от воздействия воздуха углекислым газом и аргоном, подаваемым в зону сварки горелкой.

Преимущества способа: 1) высокая производительность; 2) высокое качество сварки; 3) снижение физической нагрузки; 4) высокий коэффициент наплавки; 5) снижение времени; 6) уменьшение объёма наплавленного металла; 7) экономия сварочных материалов; 8) высокая производительность в сравнении с механизированной сваркой; 9) меньшая утомляемость по сравнению с механизированной.

Недостатки способа: 1) длительное время комплектующих запчастей; 2) затруднительная доставка баллонов; 3) появление пористости металла; 4) некачественное сплавление металла. 5) некачественная газовая защита. Схема способа представлена на рисунке 6.

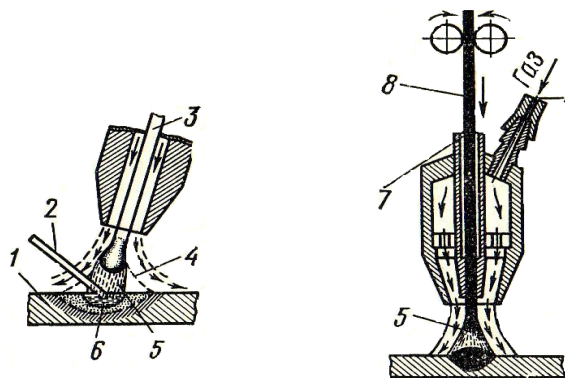


Рисунок 6 – Схема автоматической сварки проволокой сплошного сечения в среде защитных газов

Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения под слоем флюса.

Автоматическая сварка под флюсом рассматривается как процесс жесткого соединения двух металлических поверхностей при помощи электрической дуги между проволокой и швом под расплавленным слоем флюса. Данный метод применяют в стационарных условиях (заводской цех, верфь) для работы со сталью и разнородными металлами в диапазоне 1,5-150 мм толщины.

Преимущества способа: 1) повышение производительности; 2) качества сварных соединений увеличены; 3) уменьшение себестоимости 1 м сварного шва; 4) минимальные потери электродного металла; 5) улучшение качества сварных соединений; 6) низкая скорость охлаждения металла.

Недостатки способа: 1) Невозможность визуального наблюдения; 2) Повышенная жидкотекучесть; 3) Необходимость тщательной сборки; 4) Ограничение использования при положении отличным от нижнего; 5) Высокие трудозатраты; 6) Трудности с корректировкой положения дуги. Схема способа представлена на рисунке 7:

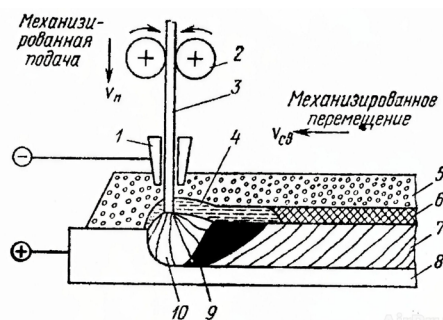


Рисунок 7 – Схема автоматической сварки проволокой сплошного сечения под слоем флюса

Результаты анализа возможных способов сварки мачты антенны представлены на чертежах 25.БР.СОМДиРП...11.001.000, и 25.БР.СОМДиРП...11.002.000.

«Анализ всех вышеперечисленных способов сварки позволяет сделать вывод, что оптимальным для данной конструкции является механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов» [4,23].

1.4 Базовый технологический процесс сварки мачты антенны

В базовом варианте применяется ручной дуговой способ сварки покрытыми электродами. В базовом варианте выбирается покрытый электрод УОНИ 13/55 с основным покрытием диаметром 3 мм и 4 мм. Величина сварочного тока определяется как произведение диаметра электрода на коэффициент, определенный экспериментальным путем.

Корневой шов сваривается электродами диаметром 3 при токах (105-110) А, а заполняющие швы выполняются диаметром 4 мм при токах (140-150) А.

Процесс сборки конструкций под сварку включает в себя следующие виды работ:

1) подготовка деталей на сборку деталей (1 – 4) представленных на сборку (рисунок 2);

2) сборка, т.е. закрепление отдельных деталей в взаимном положении, указанном на чертеже, и фиксация деталей друг к другу или прикрепление мелких деталей к основным с помощью зажимных или распорных

приспособлений сначала, а затем короткими швами (прихватками) и подготовка собранной конструкции к сварке;

- 3) ручная сварка покрытыми электродами УОНИ 13/55 диаметром 3 и 4 мм;
- 4) зачистка сварных соединений от брызг и шлака;
- 5) визуальный контроль.

Проанализировав существующий технологический процесс изготовления антенной мачты, используемые материалы и технологию изготовления, вносятся следующие изменения:

- заменить ручную дуговую сварку на механизированную сварку плавящимся электродом сплошного сечения в защитной среде $\text{CO}_2 + \text{Ar}$;

1.5 Задачи выпускной квалификационной работы

В результате проведенного анализа исходных данных предлагается ручную дуговую сварку покрытым электродом заменить на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. В соответствии с выбранным способом и поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- 1) выбрать сварочное оборудование для сборки и сварки, а также необходимые материалы для механизированной сварки плавящимся электродом;
- 2) выбрать параметры режимов сварки для всех сварных швов;
- 3) спроектировать новый технологический процесс сборки и сварки мачты антенны сотовой связи;
- 4) определить экономическую эффективность предложенных решений.

2 Разработка технологического процесса сборки и сварки мачты антенны

2.1 Выбор оборудования для сборки и сварки основания антенны

Выбор сварочного оборудования осуществляется в зависимости от выбранного способа сварки, исходя из условий максимальной производительности, удобства работы.

Для выполнения, механизированной сварки проволокой сплошного сечения и прихваток, выбираем сварочный выпрямитель с жёсткой ВАХ с механизмом подачи проволоки. Ниже приведены технические характеристики комплектов оборудования.

Таблица 4 – Технические характеристики комплектов оборудования

Марка оборудования	Номинальный сварочный ток $I_{св}, A$	Диаметр проволоки, мм $d_{пр}$	$V_{н.п.},$ м/ч	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
BC-630	600	-	-	185	950×470×715
ПДГ-508М	500	1,2 – 2,0	120 – 1200	23	445×316×370
ВДУ-506К (КИУ – 501)	500	-	-	230	730×590×830
ПДГ – 508М	500	1,2 – 2,0	120 – 1200	23	445×316×370
ВД-501 УЗ	500	-	-	150	600×600×760
EWM Phoenix Progress drive 4L	550	0,6 – 2,4	30 – 1 440	15,1	690×300×410

Выбираем комплект ВД-501 УЗ вместе с механизмом подачи проволоки EWM Phoenix Progress drive 4L, который имеет меньший вес и размеры, а также рекомендован национальным аттестационным центром по сварке НАКС [14,18]. Наличие колес у ВД-501 УЗ делает источник более мобильным по сравнению с другими.

2.2 Технологичности изготовления мачты антенны

Под технологичностью сварной конструкции понимается совокупность ее свойств, определяющих возможность ее изготовления с наименьшими затратами рабочей силы и материалов методами передовых технологий в соответствии с требованиями качества (рисунок 8).

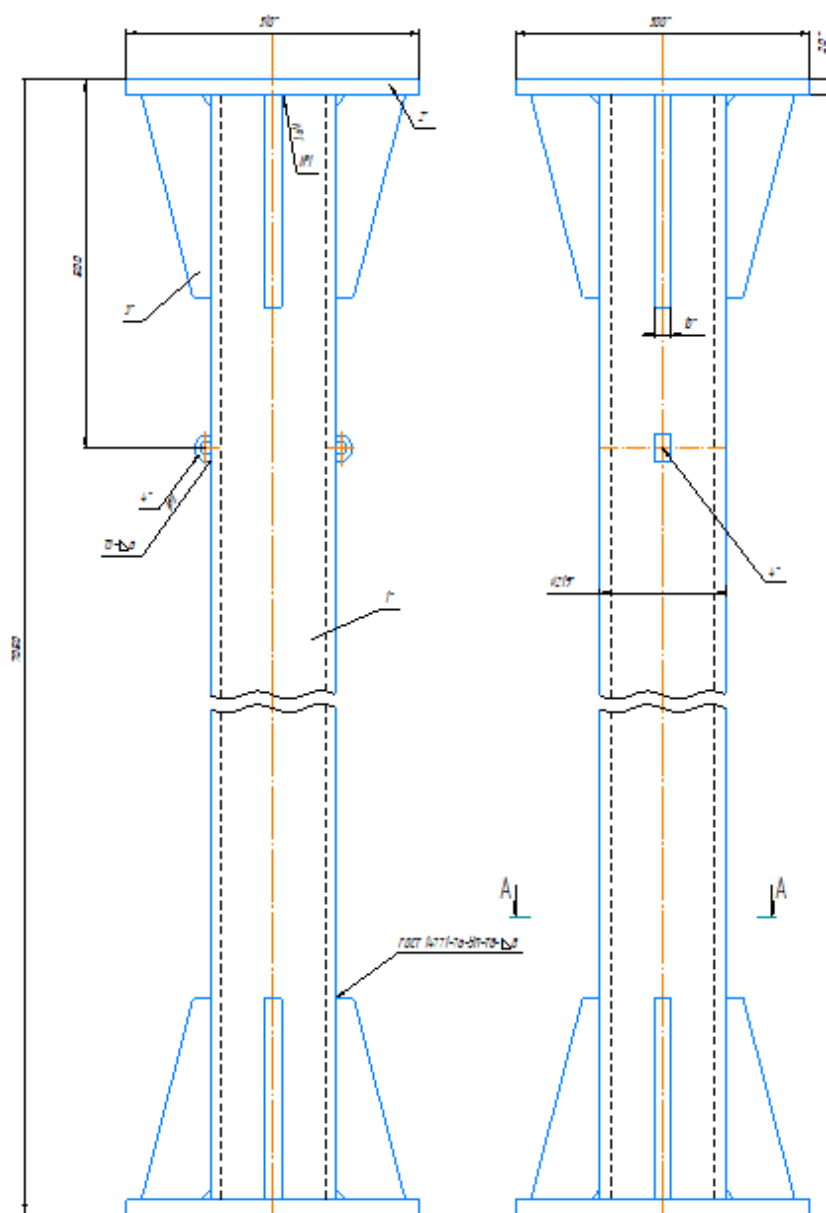


Рисунок 8 – Эскиз мачты антенны сотовой связи

Технологичность сварных узлов и конструкций оценивается по следующим показателям:

- свариваемость материалов, из которых изготовлены соединяемые детали;
- конфигурация, количество, расположение и длина сварных швов;
- конструктивное проектирование сварных элементов в соответствии с требованиями норм и стандартов;
- возможность приближения к зоне сварки сварочных головок, электродов;
- возможность подхода на сборку и демонтаж сварочного оборудования;
- возможность визуального осмотра и контроля сварных соединений;
- обоснованность технических требований к чертежу – допуски на основные размеры, контролируемые после сварки, технологические припуски на обработку и т.д.;
- потребности и возможности обработки после сварки (механическая и термическая обработка);
- возможность использования механизированных и автоматизированных процессов, штатного оборудования (автоматы, аппараты контактной сварки, сварочные манипуляторы и стенды) без изготовления дополнительного сложного и трудоемкого специального оборудования.

Основным показателем технологичности является материалоемкость, которая оценивается коэффициентом использования материалов (т.е. отношением веса нетто единицы или детали к весу материалов, которые затрачены на ее изготовление). Этот показатель дает возможность судить не только о расходе материалов, но и о том, насколько рационально используются исходные заготовки.

Расчет технологичности изготовления проводится по формуле:

$$m = \frac{Q_n}{Q_k} \cdot 100\%, \quad (4)$$

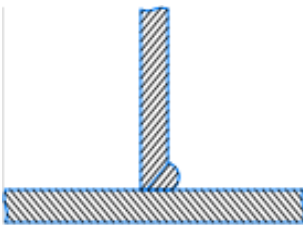
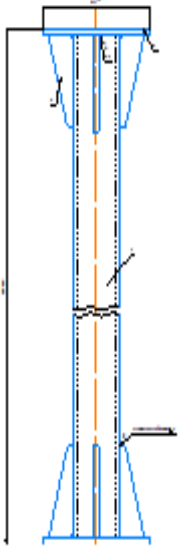
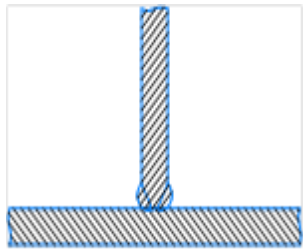
где m – доля наплавленного металла в общей массе свариваемой конструкции ст, %;

Q_n – масса наплавленного металла, кг;

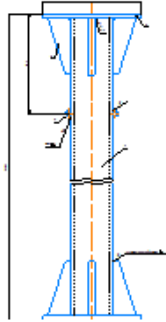
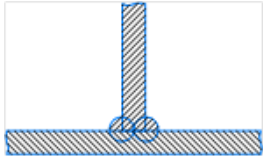
Q_k - масса свариваемой металлоконструкции, кг.

При технологичности конструкции показатель должен быть $<2\%$. Чтобы рассчитать этот показатель в таблице 5 приведены размеры швов мачты антенны связи.

Таблица 5 – Конструктивные элементы сварных швов

Номер шва	Услов. обоз. шва	Нормативные документ	Эскиз		Примечание
			Фрагмент	Шов	
№1	У6	ГОСТ 14771 – 76			Сварка трубы (1) с плитой (2) рисунок 1. Длина шва 647 мм. $F=75 \text{ мм}^2$ $\sum$ длина швов = 1294 мм
№2	T10	ГОСТ 14771 – 76			Сварка ребер жесткости (3) с трубой (1) и плитами (2) рисунок 2. Длина шва 610 мм (на одно ребро жесткости). $\sum$ длина швов, с одной стороны, = 1680 мм. $F=116 \text{ мм}^2$. $\sum$ длина с двух сторон = 3360 мм.

Продолжение таблицы 5

Номер шва	Услов. обоз. шва	Нормативные документ	Эскиз		Примечание
			Фрагмент	Шов	
№3	T3	ГОСТ 14771 – 76			Сварка проушин (4) с трубой (1) рисунок 2. Длина шва 140 мм. Σ длина швов = 280 мм

Результаты расчета технологичности изготовления антенны приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет технологичности

Номер шва по чертежу	Тип шва	Метод сварки ГОСТ	Масса наплавленного металла на 1 м, кг/м	Длина шва L, м	Общий вес наплавленного металла, Кг
№ 1	У6 - 3-4 	14771-76	0,458	1,375	0,629
№ 2	T10 - 5 - 8 	14771-76	0,542	3,22	1,745
№ 3	T3 – 6 	14771-76	-	-	-

$$m = \frac{4,595}{245} \cdot 100\% = 1,9\%.$$

Поэтому данная конструкция является технологичной с точки зрения прямых и косвенных признаков.

Существует три схемы сборки: полная сборка изделия с последующей сваркой; последовательное крепление деталей и их сварка к ранее сваренной части изделия; Узловая сборка и сварка, когда изделие разделяется на

технологические узлы, которые собираются и свариваются отдельно, а затем из них собирается и сваривается изделие в целом.

Использование любого из этих вариантов зависит от конструктивной формы изделия, его габаритов, способов транспортировки к заказчику и масштабов производства.

Собираем мачту антенны по схеме последовательной сборки и сварки, показанной на рисунке 9.

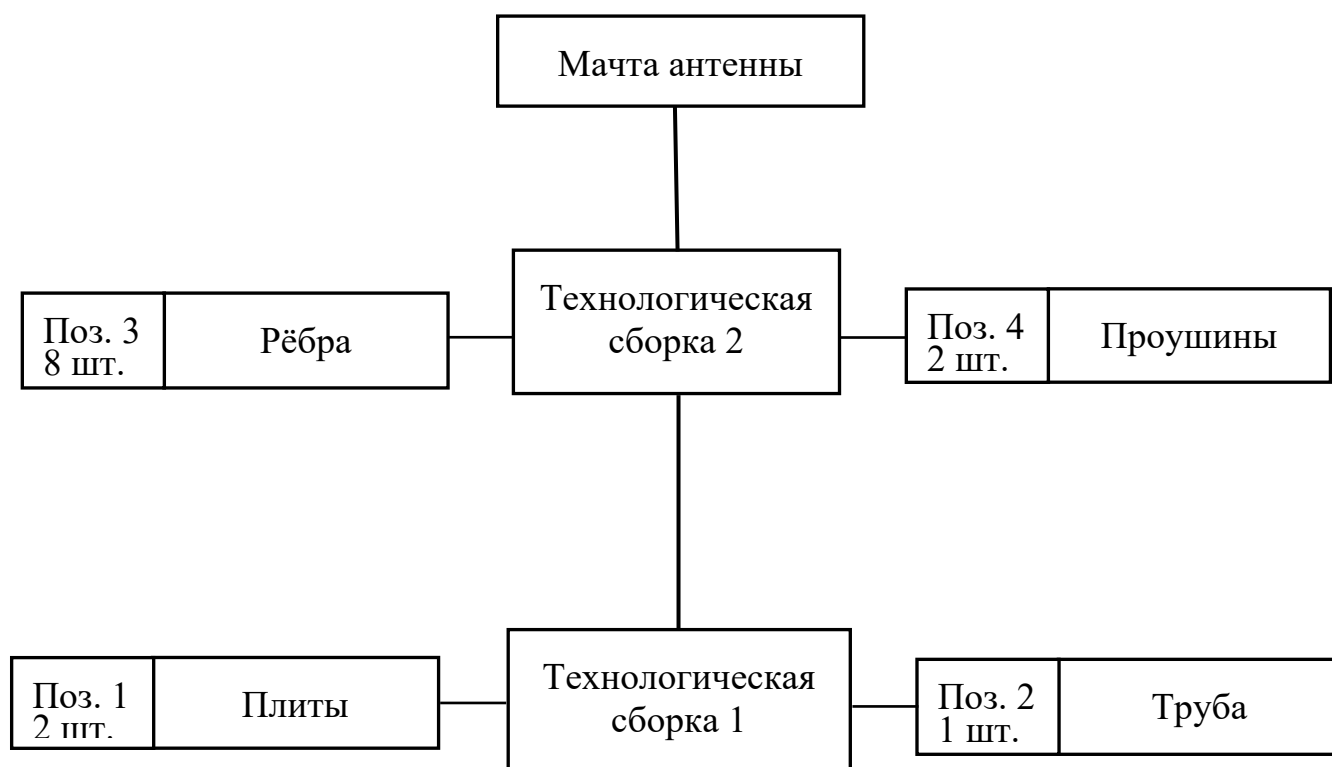


Рисунок 9 – Схема сборки мачты антенны

Расчет площади сечения швов, приведенный в таблице 5 позволяет ориентировочно определить число слоёв при механизированной сварке плавящимся электродом по формуле:

$$n = k_y F_p / F_c, \quad (5)$$

где k_y – коэффициент, учитывающий усиление шва, принимают равным 1,2 – 1,3;

F_p – площадь сечения разделки мм^2 ;

F_c – площадь сечения слоя, мм^2 .

$$n = 1,3 \cdot 41/18 = 2,9 \text{ слоя} \approx \text{принимаем } 3$$

Технологический процесс сборки и сварки должен выполняться на специализированном участке постоянным током по направлению изготовления.

2.3 Расчет и выбор параметров режимов

Выбор рода тока существенно влияет на весь технологический процесс изготовления конструкции, так как от правильного выбора рода тока много в чьём зависит качества свариваемых соединений.

Сварка в углекислом газе и его смесях выполняется на постоянном токе обратной полярности. Это объясняется тем, что при прямой полярности процесс сварки характеризуется большим разбрызгиванием сварочного материала. Поэтому выбираем постоянный ток обратной полярности, что обеспечивает стабильное горения дуги, хорошее формирование сварочного шва и улучшает его технологические и качественные показатели.

Основными параметрами режима механизированной сварки в углекислом газе является: диаметр сварочной проволоки, сила сварочного тока, напряжение на дуге, скорость сваривания, скорость подачи проволоки и расход защитного газа.

Диаметр проволоки выбирается в зависимости от толщины металла, что сваривается, принимаем $d_{пр}=2,1 \text{ мм}$.

Вылет электродной проволоки определяем по формуле

$$\begin{aligned} \ell_{эл.} &= 10 \cdot d_{пр.}, \\ \ell_{эл} &= 10 \cdot 2,1 = 21 \text{ мм}. \end{aligned} \tag{6}$$

Сварочный ток устанавливается в зависимости от диаметра проволоки и толщины металла по формуле:

$$I_{св} = j \cdot \frac{\pi \cdot d_{np}^2}{4}, \quad (7)$$

где j – плотность тока, 110 А/мм^2

$$I_{св} = 110 \cdot \frac{3,14 \cdot 2,0^2}{4} = 345,4 \text{ А.}$$

Определяем скорость подачи электродной проволоки по формуле

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{np}^2 \cdot \rho_{эл}}, \quad (8)$$

где – V_{nn} скорость подачи проволоки, мм/с;

α_p – коэффициент расплавленной электродной проволоки, г/А·с;

$I_{св}$ – сварочный ток, А;

d_{np} – диаметр электродной проволоки, мм;

$\rho_{эл}$ – плотность металла электродной проволоки, г/мм³

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot 0,060 \cdot 345,4}{3,14 \cdot 2,1^2 \cdot 0,0078} = 767 \text{ м/час.}$$

Скорость сварки находится по формуле:

$$V_{св} = \frac{a_n \cdot I_{св}}{F_n \cdot \rho}, \quad (9)$$

где – $V_{св}$ скорость сварки, мм/с;

F_n – площадь поперечного сечения шва для соединения У6 (труба с плитами) равна 75 мм^2 ; а для соединения Т10 (ребра жесткости с трубой и пластиной) равна 116 мм^2 .

$$V_{св} = \frac{0,0054 \cdot 345,4}{32 \cdot 0,0078} = 7,5 \text{ мм/с}, \quad (10)$$

$$V_{св} = 3,6 \cdot 7,5 = 27 \text{ м/ч.}$$

Напряжение на дуге принимаем $U_d = 30 - 32 \text{ В}$

Норма расхода защитного газа на изделие H_z определяется по формуле:

$$N = Q_z \cdot l_{ш} + Q_{дон}, \quad (11)$$

где – N норма расхода защитного газа на изделие, л;

Q_z – удельная норма расхода на 1 м шва, л;

$l_{ш}$ – длина шва, м;

$Q_{доп}$ – дополнительный расход газа, л

$$H_2 = 30,6 \cdot 4,595 + 0,9 = 141,5 \text{ л} = 0,002 \cdot 141,5 = 0,283 \text{ кг.}$$

В таблице 7 приведены расчетные параметры режимов сварки плавящимся электродом $d_{эл}=2,1$ мм.

Таблица 7 – Расчетные параметры режимов сварки в защитных газах

Диаметр электрода $d_{эл}$, мм	Сила сварочного тока $I_{св}$, А	Напряжение на дуге $U_{д}$, В	Скорость подачи проволоки $V_{пр}$, м/час	Скорость сварки $V_{св}$, м/час	Расход газа N , кг
2,1	345,4	30-32	767	27	0,283

2.4 Технологический процесс сборки и сварки основания антенны сотовой связи

В состав технологического процесса входят следующие операции, которые приведены на чертежах 25.БР.СОМДиРП...12.001., и 25.БР.СОМДиРП...12.002.

2.4.1 Разметка листового проката

Технологический процесс сборки и сварки мачты начинается с операции разметка. Разметка выполняется на сборочно-сварочной плите с использованием чертилки, рулетки. Операцию производит слесарь-сборщик 4 разряда.

Листовой прокат для резки берем по ГОСТам (для плит ГОСТ 5520-79; ГОСТ 19281-89; ГОСТ 19281-2014 ГОСТ 19903-2015). Размер листового проката (2200×6000×10) мм. При разметке плит и ребер жесткости требуется определенная последовательность операций.

Эскиз операции показана на рисунке 10.

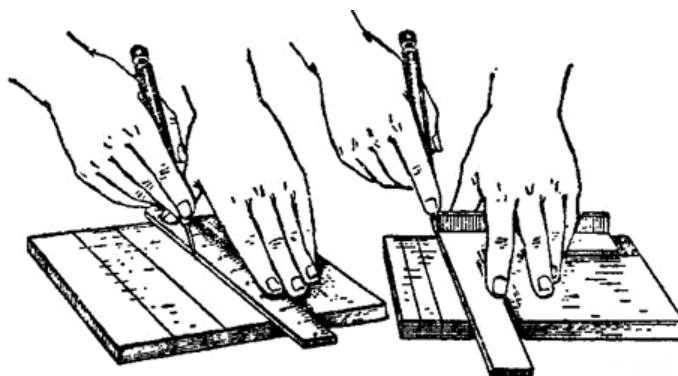


Рисунок 10 – Разметка трубы и листа (металла)

Через каждые 500 мм на плите выполняются засечки, после чего производится разметка 2-х пластин и 8-ми ребер жесткости для каждой мачты антенны сотовой связи. При этом должны выполняться технологические требования, при которых отклонение геометрических размеров не должно превышать 1 мм.

2.4.2 Резка листового проката

Резка пластин и ребер жесткости производится на специализированном оборудовании. ЧПУ станок для плазменной резки листового металла:..... Внешний вид установки для резки L100-GP (Combi) приведён на рисунке 11, а технические характеристики в таблице 8.



Рисунок 11 – Внешний вид газо-плазменной установки L100-GP (Combi) для резки листа

Таблица 8 – Технические характеристики установки L100-GP (Combi) для резки листа

Наименования параметров	Величины
Напряжение питающей сети, В	380
Толщина разрезаемого металла, мм	0,5 - 50
Точность плазменной резки, мм	$\pm (0,25 - 0,35)$
Потребляемая мощность станка, кВт	1,5
Цена, руб	1 500 000
Расчетный срок службы, лет	7
Габаритные размеры стола, мм	2200×6000

Для резки листового проката стали 09Г2С толщиной 10 мм выбираем режимы плазменной резки, ориентировочные режимы которых приведены в таблице 9.

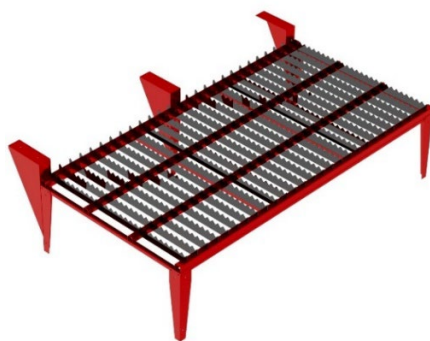
Таблица 9 – Ориентировочные параметры режима резки листа

Наим. параметров	Ток резки** I_p , А	Напряжение резки U_p , В	Расход защитного газа Q_{Ar} , л/мин.	Расход плазмооб. газа* Q_{Ar} , л/мин.	Скорость резки V_p , м/ч	Отклонение от перпенд.
Величина	245	42-50	9-10	4-6	≤ 60	<0,5 мм
Примечание: ширина реза менее 5 мм *Расход плазмообразующего газа Ar+N (80%+20%) **Род тока резки – постоянный;						

Основные технологические требования при резке пластин и ребер жесткости: отклонение от перпендикулярности не более 0,5 мм и соблюдение ширины реза.

2.4.3 Подготовка кромок под сварку и зачистка

Подготовка кромок под сварку производится с помощью УШМ. Подготовка кромок производится на столе для резки (рисунок 12).



а)



б)

Рисунок 12 – Эскиз стола и операции подготовки кромок

Антенны сотовой связи – это сложные сварные конструкции, состоящие из нескольких узлов.

Для сварки шва №1 трубы и плит выбрано сварное соединение У6 для которой требуется односторонний скос у трубы (таблица 10).

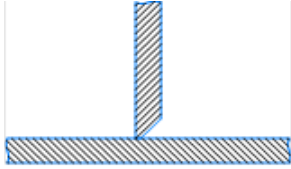
Для сварки шва №2 трубы, плит и ребер жесткости таврового соединения Т10 применяется двухсторонняя разделка кромок, геометрические размеры которой приведены в таблице 10.

Для сварки шва №3 проушины с трубой сварка производится без разделки кромок и без зазора.

Для зачистки кромок используется шлифовальная машина Bosch PWS 8-125 С Е со сменными дисками. Зачистка кромок производится на режимах, которые выбраны:

- 1) скорость вращения - 11000 об/мин;
- 2) абразивный круг;
- 3) диаметром - 125 мм;
- 4) Толщина круга - 10 мм.

Таблица 10 – Подготовка кромок деталей и узлов под сварку

Номер шва	Услов. обоз. шва	Эскиз подготовки кромок	Примечание
№1	У6		Сварка трубы (1) с плитой (2). Отклонение $\pm 1^\circ$. Зазор 0 мм. Без притупления.
№2	T10		Сварка ребер жесткости (3) с трубой (1) и плитой (2) Отклонение угла разделки ребер жесткости $\pm 3^\circ$. Притупление 2 мм
№3	T3		Сварка проушин (4) с трубой (1). Зазор + 0,5 мм. Скос кромок отсутствует.

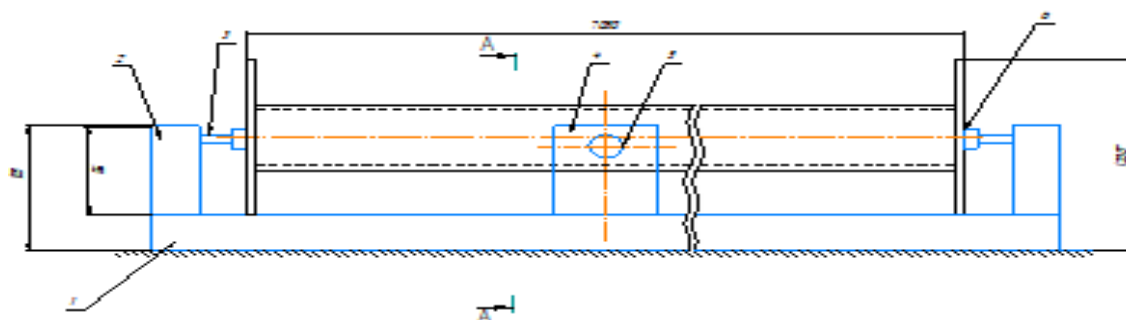
Основные технологические требования при зачистке: убрать следы масла и ржавчины.

2.4.4 Сборка и сварка трубы с двумя плитами

Сборка и сварка трубы с 2-мя плитами проводится на стапеле с пневмоприжимами.

Эскиз оборудования приведен на чертеже 25.БР.СОМДиРП...62.01.000 и рисунке 13.

Мостовым краном грузоподъемностью 1 т (Tor industries) с 2-мя стропами труба транспортируется на стапель с ложементом. Не снимая стропы устанавливаются две плиты на основание до упора, как показано на рисунке 13 и прижимаются к трубе пневмоприжимами со всех сторон.



1 – основание; 2 – корпус; 3 – прижимы; 4 – ложемент; 5,6,7– прижимы (ложемент условно не показан).

Рисунок 13 – Эскиз приспособления для сборки и сварки

Диаметр ложемента выполнен таким образом, чтобы закрепить трубу внутри ложемента не снимая стропы. После этого производится сборка трубы с плитами с помощью прихваток в четырех точках. Длина прихваток 25 мм, шаг 300 мм. Прихватки устанавливаются механизированной сваркой проволокой сплошного сечения Св – 08Г2СЦ – О $\varnothing 2.1$ мм, в защитной среде газов $\text{CO}_2 + \text{Ar}$. Ориентировочные параметры режимов для прихваток приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Ориентировочные параметры режима для прихваток

№ швов	Сила сварочного тока $I_{св}$, А	Напряжение на дуге U_d , В	Скорость подачи проволоки $V_{пв}$, м/час	Скорость сварки $V_{св}$, м/час	Расход газа Q , л/мин
№1 – У6	345,4	30-32	767	27	13
Диаметр электрода $d_{эл.} = 2,1$ мм; $l_{выл.} - (10 - 12$ мм); $\alpha_{накл. гор.} - 15^\circ$;					

Сварка трубы с плитами производится на тех же режимах, которые приведены в таблице 11. В соответствии с проведенными расчетами параметров режимов сварки количества слоев равняется трем. Все три слоя выполняются на параметрах, указанных в таблице 11 механизированным способом сварки

проволокой сплошного сечения в среде защитных газов $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ (75%+25%) для уменьшения разбрызгивания (рисунок 14).



Рисунок 14 – Оборудование для сварки трубы с двумя плитами

«Снижение разбрызгивания металла в первую очередь приводит к заметной экономии материала. Использование омедненной проволоки может быть на 40% экономичнее, чем использование обычной проволоки. Кроме того, около шовная зона и рабочие части горелки остаются чище, шов получается ровным без провисания и излишеств.

Равномерная непрерывная подача. Поверхность омедненной проволоки более гладкая. Поэтому он лучше проходит через канал и кончик горелки. Полностью исключено такое неприятное явление, как зацепление провода в наконечнике, что положительно сказывается на сроке его службы. Кроме того, на омедненной проволоке отсутствует технологическая смазка, что также часто вредит основным узлам горелки.

Отсутствие вредных для шва загрязнений. В процессе сварки омедненной проволокой водород не попадает в зону сварки, что снижает риск возникновения такого явления, как пористость и подверженность коррозии» [22].

Химический состав сварочной проволоки приведён в таблице 12:

Таблица 12 - Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2С-О

Маркировка проволоки	Химический состав проволоки, %						
Св -08Г2С Св-08Г2С-О	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
	не больше		не больше				
	0,05-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	≤0,2	≤0,25	≤0,025	≤0,03
	0,06-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	0,2	0,25	0,025	0,030

Сборка и сварка производится на сварочном выпрямителе ВД-501 и подающем механизме EWM Phoenix Progress drive 4L.

«Процесс сборки производится прихватками механизированной сваркой проволокой Св-08Г2СЦ-О, $\varnothing 2.1$ мм. проводится в полуавтоматическом и автоматическом режимах. Для снижения негативных последствий выгорания сварочную проволоку изготавливают с добавлением легирующих добавок. Повышенное содержание марганца, титана и кремния снижает количество окиси углерода и препятствует образованию пор в сварном шве. Степень окисления увеличивается с увеличением расхода потребляемого напряжения. Снижение интенсивности окисления происходит с увеличением плотности тока. Прямая полярность тока при сварке углекислым газом приводит к большему окислению, чем обратная полярность» [16].

После сборки трубы с плитами производится разметка трубы и плит для установки ребер жесткости в соответствии чертежом 25.БР.СОМДиРП...01.01.000. Сборка ребер жесткости с трубой и плитами, так же производится с помощью прихваток.

2.4.5 Сварка рёбер жесткости и проушин

Сварку проушин и ребер жесткости проводим на сборочно-сварочном стапеле. Для снижения деформаций при сварке ребер жесткости предлагается следующая последовательность сварке ребер жесткости. Сварку ребер жесткости необходимо проводят диаметрально-противоположено друг другу. В связи с тем, что шов №2 – Т10 – с катетом $\Delta 8$, количество проходов возрастает до 4 проходов. Все проходы выполняются на режимах, которые указаны в таблице 11.

Для проушин используется тавровое соединение ТЗ – с катетом $\Delta 6$, без разделки кромок (шов №3). Режимы сварки для каждого слоя используются те же что и ранее. Для сварки ребер жесткости и проушин используется следующие оборудование: 1) сварочный выпрямитель ВД-501; 2) подающий механизм EWM Phoenix Progress drive 4L.

2.4.6 Контроль сварных соединений

«Контроль необходимо проводить в два этапа: 1) ВИК; 2) Ультразвуковым дефектоскопом DIO 1000 SF. На отведенном для этого участке на производстве. При контроле сварных швов требуется следующая последовательность операций: 1) оборудование, приспособления, инструменты; 2) режимы; 3) технологические требования. Ниже в таблице 6 будет приведена более точная таблица характеристик ультразвукового дефектоскопа DIO 1000 SF» [24]. Эскиз оборудования показан на рисунке 15.



Рисунок 15 – Контроль сварных соединений

Для контроля ВИК: 100 % контроль швов. Ультразвуковой контроль – 95 %. Ультразвуковой дефектоскоп DIO 1000 SF работает при напряжении - 32 В, частоте - 50 - 60 Гц (таблица 13). Полная проверка внешних дефектов, так же проводится проверка внутренних дефектов: диапазон - 111 дБ. Ниже приведена полная техническая характеристика ультразвукового дефектоскопа DIO 1000 SF.

Таблица 13 - Технологические характеристики ультразвукового дефектоскопа DIO 1000 SFE

Параметры	Значения
Экран	Цветной TFT
Частота обновления экрана	минимум 60 Гц
Размеры экрана	99х130 мм
Частота стробирования	200 МГц, 12-бит
Диапазон температур эксплуатации	- 20 °С - + 60 °С
Питание от сети	Сеть переменного тока: 100-120 В~, 200-240 В~, 50-60 Гц
Аккумулятор	Встроенный и внешний Li-Ion аккумулятор, 3.6 В, 16 А/ч
Час автономной работы	не менее 10 часов, в зависимости от регулировки яркости дисплея.
Клавиатура	Мультифункциональная
Память	16 ГБ
Размеры (0×0×0 корпуса)	224×188×34 мм
Масса	0,74кг + 0,54 кг батарея
Диапазон устанавливаемых скоростей ультразвука	От 100 до 15240 м/с в стали
Рабочие частоты	0.5 МГц - 30 МГц при - 3 дБ
Задержка	от - 10 до 4800 м/с
Диапазон регулировки усиления (чувствительности) ультразвукового канала	111 дБ макс. и опорное усиление, регулировка с шагом по выбору 6 дБ, 1 дБ, 0,5 дБ и 0,1 дБ
Дискретность измерения толщины	0,01 мм по стали
Диапазон измерения толщины	от 1 мм до 29 000 мм по стали
Демпфирование	от низкого (100 В) до макс. (400 В); 50, 57, 200, i 1000 Ом
Фильтры:	Широкополосный, узкополосный или переключаемые полосовые фильтры - 1 МГц, 2 МГц, 2.25 МГц, 4 МГц, 5 МГц, 10 МГц
Глубина ВРЧ (динамический диапазон)	111 дБ (71 дБ непрерывно)

2.4.7 Транспортировка основания антенны сотовой связи

Во всех технологических процессах присутствует транспортировка с помощью мостового крана. Эскиз оборудования транспортировки в закрытом помещении показан на рисунке 16

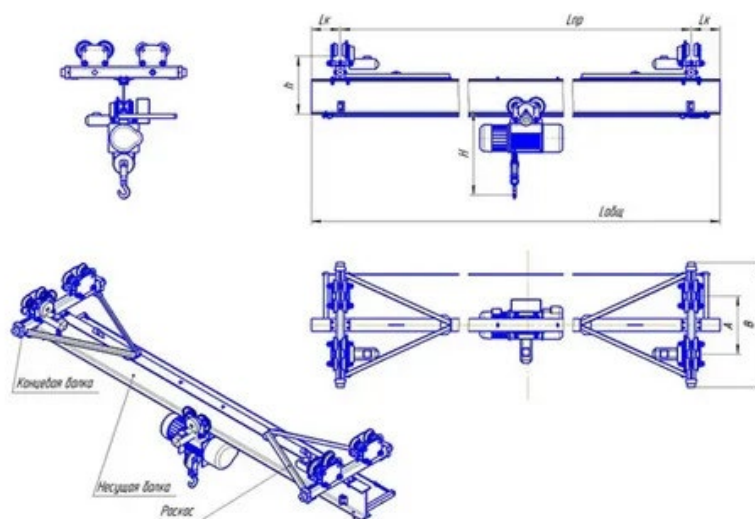


Рисунок 16 – Транспортировка по цеху

В данной работе используется мостовой кран Tor Industries, грузоподъемностью 1 т., стропы и крюки для зацепления за проушины. При транспортировке соблюдаются следующие технологические требования: 1) плавное перемещение. 2) при транспортировке должны быть слышны и видны транспортировочные знаки (огни предупреждения, звуковые сигналы, предупреждающие знаки в цеху).

2.4.8 Покраска

Для защиты от внешних воздействий таких как (природные условия, механическое воздействие, неоднородность материалов). Применяют различные методы противодействия коррозии (пасты для защиты сварочных швов и спреи для защиты шва от коррозии) для сварочных швов так и всей конструкции в целом (антикоррозийные покрытия (композиция лаков с цинковой пудрой или вязкая субстанция «Тектил» и другие версии тектил); регулярная покраска (например, нитроэмалью). Лучше всего проводить покраску в специально отведенном герметичном месте. Проводить покраску лучше всего пистолетами-распылителями (пульверизаторами) или агрегатами безвоздушного распыления. В современных условиях на месте установки для покрытия на открытом воздухе

как мачты, так и всей антенны можно использовать грузовых дронов. Но не всегда покрытие может до конца защищать как мачту, так и всю антенну, так как покрытие имеет свойство нарушать адгезию между покрываемой поверхностью и самим покрывающим веществом. Все это может происходить со временем, и без участия человека. Своевременное восстановление защитного покрытия позволит прослужить антенне долгое время.

Заключение по разделу

Проведя анализ исходных данных и известных решений по изготовлению мачты антенны связи, определили условия эксплуатации конструкции, материалов, и типовой технологический процесс сборки и сварки мачты антенны провели анализ возможных способов сварки повышающих производительность труда. В результате проведенного анализа исходных данных предлагается ручную дуговую сварку покрытым электродом заменить на механизированную сварку проволокой сплошного сечения диаметром 2.1 мм маркой Св-08Г2С-О в среде смеси защитных газов $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ (75%+25%).

Определен тип сварных соединений трубы с плитами шов №1 – У6, для ребер жесткости шов №2 – Т10, проушин шов №3 – Т3, для которых рассчитано количество слоев для заполнения разделки.

Для выбранного способа сварки разработан технологический процесс сборки и сварки мачты антенны сотовой связи. Для этого рассчитано технологичность изготовления мачты антенны сотовой связи, определены операции по сборке и сварке трубы с двумя плитами и операции по сборке и сварке проушин и ребер жесткости. Выбрано оборудование для резки, сборки, и сварки. Рассчитаны параметры режима сварки. Для контроля качества рекомендован ВИК: 100 % контроль швов. Ультразвуковой контроль – 95 % ультразвуковым дефектоскопом DIO 1000 SF

Разработанный технологический процесс сборки и сварки мачты антенны позволит увеличить производительность изготовления.

3 Безопасность и экологичность предлагаемых решений

3.1 Технологическая характеристика объекта

«Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварки основания антенны сотовой связи. В соответствии с базовой технологией изготовления антенны выполняется ручной дуговой сваркой штучными электродами. На основании проведённого анализа возможных способов сварки принято решение о замене ручной дуговой сварки механизированной в защитном газе проволокой сплошного сечения.» [2,3]

«В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, определив опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.» [2,3]

Таблица 14 – «Технологический паспорт объекта» [2,3]

«Наименование операций проектного процесса	Должность персонала, для осуществления техпроцесса	Технические устройства, для техпроцесса	Вспомогательные материалы
1. Резка листового металла	Резчик, Слесарь - сборщик	Газо-плазменная установка L100-GP (Combi) для резки	Рукавицы х/б
2. Подготовка кромок под сварку и зачистка	Слесарь-сборщик	Шлифовальная машина Bocsh PWS 8-125 C E со сменными дисками и стол	Круг абразивный, защитные очки, сварочная роба
3. Сборка и сварка с двумя плитами	Электросварщик	Сварочном выпрямитель ВД-501 и подающий механизм ПДГО-510.	Рукавицы, ветошь, маска или щиток, сварочная роба
4. Сварка ребер жесткости и проушин	Электросварщик	Сварочном выпрямитель ВД-501 и подающий механизм ПДГО-510.	Рукавицы, ветошь, маска или щиток, сварочная роба
5. Контроль качества	Дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Ультразвуковой дефектоскоп DIO 1000 SF	Беруши» [2,3]

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Таблица 15 – «Идентификация профессиональных рисков» [2,3]

«Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы»	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1 Резка листового металла	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок; - излучение дуги при резке, высокая температура деталей; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	1) Кран-балка 2) Острые края профильного проката и деталей основания антенны; 3) Газо-плазменная установка L100-GP (Combi) для резки.
2. Подготовка кромок под сварку и зачистка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенная температура поверхностей деталей антенны.	1) Шлифовальная машина Bocsh PWS 8-125 C E
3. Сборка и сварка с двумя плитами и сварка ребер жесткости и проушин	- сварочная дуга, брызги, излучение, высокая температура дуги, сварных швов; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) Сборочное приспособление; 2) подающий механизм ПДГО-510; 3) выпрямитель ВД-501.» [2,3]

Продолжение таблицы 15

«Выполняемые в соответствии с проектной технологией работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
4. Контроль качества	- повышенный уровень ультразвуковых волн в рабочей зоне	Ультразвуковой дефектоскоп.» [2,3]

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

«Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 15 негативных производственных факторов сведем разработанные мероприятия в таблицу 16.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 16 нет необходимости.» [2,3]

Таблица 16 – «Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала» [2,3]

«Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	Информирующие об опасности плакаты и надписи, проведение инструктажа персонала	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информационные об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда» [2,3]

Продолжение таблицы 16

«Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.
8) ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-» [2,3]

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

«Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 17

выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.» [2,3]

«Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 18.» [2,3]

Таблица 17 – «Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки» [2,3]

«Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборки и сварка	источник питания сварочной дуги ВД-501, механизм подачи проволоки ПДГО-510, дефектоскоп, машинка шлифовальная	пожары, происходящие за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Резкое повышение $T^{\circ}\text{C}$ обор.; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке.	К.З. на оборуд., с высоким напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.» [2,3]

Таблица 18 – «Ведомость технических средств» [2,3]

«Первичные средства пожаротушения»	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установочные системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран	План эвакуации	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения» [2,3]

«Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 19.» [2,3]

Таблица 19 – «Мероприятия организационного характера» [2,3]

«Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса»	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Резка листового металла, Подготовка кромок под сварку и зачистка, Сборка и сварка с двумя плитами и сварка ребер жесткости и проушин, Контроль качества.	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр. » [2,3]

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 20 – «Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений» [2,3]

«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 основания антенны сотовой связи	Резка листового металла, Подготовка кромок под сварку и зачистка, Сборка и сварка с двумя плитами и сварка ребер жесткости и проушин, Контроль качества	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Слив охлаждающий воды плазмотрона	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный. Ультразвуковой дефектоскоп » [2,3]

Таблица 21 – «Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений» [2,3]

«Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособлений и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.» [2,3]

Заключение по разделу

В рамках данного раздела выпускной квалификационной работы выявлены негативные факторы, сопровождающие предлагаемые технологические решения, и их оценки на предмет отрицательного влияния на рабочий персонал и окружающую среду.

Произведён поиск путей устранения или уменьшения опасных и вредных производственных факторов, установлено, что стандартные средства защиты позволяют достигнуть требуемого уровня безопасности и санитарии производства в условиях осуществления проектного технологического процесса изготовления основания антенны сотовой связи.

В ходе анализа экологичности предложенных технических решений установлено, что процесса сварки сопровождается ущербом окружающей среде. При этом негативное воздействие оказывается на воздушную среду (атмосферу), водную среду (гидросферу), так и на литосферу.

4 Экономическая эффективность технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

«Связь в условиях Дальнего Востока и Сибири при открытии новых месторождений полезных ископаемых как на суше, так и в океанах используются вышками связи.» [9,10,12]

Основание антенны сотовой связи сварная конструкция, которая выполненная механизированной сваркой плавящимся электродом проволокой сплошного сечения в защитных газах. Исходные данные для расчетов эффективных технологических решений приведены в таблице 22.

Таблица 22 – «Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса» [9,10,12]

«Наименование экономического показателя	Условное обозначение в расчетах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка	$C_ч$	руб/час	625	625
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1	1
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	11	11
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1	1
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5» [9,10,12]

Продолжение таблицы 22

«Наименование экономического показателя	Условное обозначение в расчетах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
Норма амортизации площади	На.пл.	%	-	-
Площадь под оборудование	S	м ²	-	-
Цена производственных площадей	Цпл	руб/м ²	0	0
Стоимость эксплуатации площадей	Сзксп	(руб/м ²)/го д	0	0
Коэффициент транспортно- заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	Кмонт Кдем	%	0	0
Стоимость оборудования	Цоб	руб.	160000	197550
Коэффициент дополнительной производственной площади	Кпл	-	-	-
Мощность оборудования	Муст	кВт	10	10
Стоимость электрической энергии	Цэ-э	руб/ кВт	5,26	5,26
Коэффициент полезного действия	КПД	-	0,75	0,85
Коэффициент эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	1,72	1,72
Коэффициент заводских расходов	Кзав	-	1,97	1,97» [9,10,12]

«Обычно основание антенны сотовой связи сваривают с помощью ручной дуговой сварки покрытым электродом. В предложенном мною варианте вместо ручной дуговой сварки с покрытым электродом была использована механизированная сварка с плавящимся электродом в среде защитных газов. Исходя из этого, произведен расчет себестоимости изготовления.» [9,10,12]

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

«Размер временного резерва, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе, по основным и конструктивным возможностям можно определить по формуле» [9,10,12]:

$$F_H = (D_p \cdot T_{cm} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{cm}, \quad (12)$$

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

D_p – общее число рабочих дней в календарном году ;

$D_{п}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году» [9,10,12];

« $T_{п}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день» [9,10,12];

K_{cm} – количество рабочих смен.

Значения параметров и коэффициентов:

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

«После подстановки в формулу (12) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

$$F_H = (247 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 1969$$

«Расчет эффективного фонда наработки сварочного оборудования, участвующего в выполнении операций технологического процесса по основным и конструктивным возможностям, можно определить по формуле» [9,10,12]:

$$F_{э} = F_H (1 - B/100), \quad (13)$$

«где B – процент планируемых потерь рабочего времени» [9,10,12].

Значения параметров и коэффициентов

$$F_H = 1969 \text{ ч},$$

$$B = 7\%.$$

«После подстановки в формулу (13) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

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

4.3 Расчет штучного времени

«Общее время на выполнение сварочной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы» [9,10,12]:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{осн}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}} \quad (14)$$

«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» [9,10,12];

« $t_{\text{осн}}$ – основное время - количество времени в часах, которое сотрудники затрачивают на выполнение основной операции технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями. Определяется по формуле» [9,10,12]:

$$t_{\text{шт}} = L_{\text{шв}}/V_{\text{св}}, \quad (15)$$

где $L_{\text{шв}}$ - сумма длин всех швов, м ; $\sum L_{\text{шв}} = 4,595 \text{ м}$;

$V_{\text{св}}$ — скорость сварки (РДС), м/ч, $V_{\text{св}} = 5 \text{ м/ч}$;

$V_{\text{св}}$ — скорость сварки (механизированная сварка), м/ч, $V_{\text{св}} = 17 \text{ м/ч}$;

Определяем основное время по формуле (15) для обоих вариантов:

$$t_{\text{оснбаз}} = 4,495/5 = 0,899 \approx 0,54 \text{ ч.} \approx 54 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{оснпроект}} = 4,495/17 = 0,29 \approx 0,174 \text{ ч} \approx 17,4 \text{ мин.}$$

« $t_{\text{всп}}$ — вспомогательное время - количество времени в часах, которое сотрудники будут затрачивать на выполнение подготовительных операций технологического процесса в соответствии с основными и проектными возможностями, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{всп}} = 10\%$ от $t_{\text{осн}}$ » [9,10,12];

« $t_{\text{ОБСЛ}}$ – наработка - количество времени в часах, которое будет определять обслуживающий персонал, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОБСЛ}} = 5\% \text{ от } t_{\text{ОСН}}$ » [9,10,12];

« $t_{\text{ОТЛ}}$ – время личный досуг - объем-время в часах, которое будет затрачено работником на обеспечение личных потребностей в отпуске при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{ОТЛ}} = 5\% \text{ от } t_{\text{ОСН}}$ » [9,10,12];

« $t_{\text{П-З}}$ – время подготовки-финальное - количество времени в часах, которое будет определено сотрудником для выполнения подготовки - окончательная операция технологического процесса по базовому и конструктивному вариантам, определяется в процентах от машинного времени: $t_{\text{П-З}} = 1\% \text{ от } t_{\text{ОСН}}$ » [9,10,12].

«После подстановки в формулу (15) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

$$t_{\text{шт.баз}} = 54 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,44 \text{ ч.} \approx 44 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 17,4 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,14 \text{ ч.} \approx 14 \text{ мин.}$$

«Годовую программу рассчитываем в том случае, если предполагаем изготовление не одной антенны, а более одной». [9,10,12]

«Расчет годовой программы сварочных работ по рассматриваемому технологическому процессу по основному и конструктивному вариантам возможен по формуле» [9,10,12]:

$$Пг = F_э / t_{\text{шт.}}, \quad (16)$$

«где $F_э$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12];

« $t_{\text{шт}}$ – штучное время в часах, которое затрачивает работник на одно

изделие по базовому и проектному вариантам технологии» [9,10,12];

«После подстановки в формулу (16) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

$$П_{г.баз.} = 1831/0,44 = 4161 \text{ сварных швов за год ;}$$

$$П_{г.проектн.} = 1831/0,14 = 13078 \text{ сварных швов за год.}$$

«Дальнейшие расчеты проведем для определения экономической эффективности предлагаемых решений на основе среднего числа годовой программы $Пг = 8619$ сварных швов мачты антенны в год» [9,10,12].

«Необходимое количество сварочного оборудования, которое будет использовано при выполнении операций технологического процесса согласно основным и конструктивным возможностям, рассчитывается по формуле» [9,10,12]:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot Пг / (F_{э} \cdot K_{вн}), \quad (17)$$

где « $Пг$ – годовая программа – принятое ранее количество изделий, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12];

« $t_{шт}$ – штучное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение всех операций технологического процесса согласно базовым и проектным возможностям» [9,10,12];

« $F_{э}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12];

« $K_{вн}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы, (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$)» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (17) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

$$n_{расч. б.} = 0,44 \cdot 4161 / (1831 \cdot 1,03) = 0,97;$$

$$n_{\text{расч. пр.}} = 0,14 \cdot 13078 / (1831 \cdot 1,03) = 0,97.$$

«Исходя из расчета по определению эффективного функционального рабочего времени на единицу оборудования, времени, которое будет затрачено рабочими на выполнение всей работы технологического процесса, основных возможностей и возможностей в проекте, можно сделать вывод о необходимом количестве и сварочное оборудование. Для реализации ключевой технологии необходимо использовать штучное производственное оборудование. Для реализации технологии проекта необходимо использовать единое производственное оборудование» [9,10,12].

«Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле» [9,10,12]:

$$K_z = n_{\text{расч}} / n_{\text{пр}}, \quad (18)$$

«Где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (17) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12];

« $n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (18) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

$$K_{z.б.} = 0,97 / 1 = 0,97 \approx 1;$$

$$K_{z.п.} = 0,97 / 1 = 0,97 \approx 1.$$

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии сварки

«Сварочные изделия являются подходящими сварочными материалами. Базовая технология сварки предполагает использование ручной дуговой сварки покрытым электродом. Технология проекта предусматривает использование механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. Стоимость сварочных материалов, которые будут использоваться при выполнении операций, исходя из технологического процесса и возможностей

проекта, рассчитывается по формуле» [9,10,12]:

$$M = C_M + K_{T-3}, \quad (19)$$

«где C_M – «цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ» [9,10,12].

« K_{T-3} – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (19) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

$$M_{\text{баз. УОНИ } \varnothing 3} = 1127 + 7,1 = 1134,1 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{баз. УОНИ } \varnothing 4} = 1472 + 7,1 = 1479,1 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 2925 + 5 = 2930 \text{ рублей}$$

«Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп.}}$ » [9,10,12].

«Объём $Z_{\text{осн}}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12]:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \times C_{\text{ч}} \times K_{\text{д}}, \quad (20)$$

«где $C_{\text{ч}}$ – утверждённая часовая тарифная ставка работника» [9,10,12];

« $K_{\text{д}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плат» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (20) численных значений соответствующих переменных, получим» [9,10,12]:

$$Z_{\text{осн. баз.}} = 0,44 \cdot 625 \cdot 1 = 275 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн. проектн.}} = 0,14 \cdot 625 \cdot 1 = 87,5 \text{ руб.}$$

«Объём $Z_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12]:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \times K_{\text{доп}} / 100, \quad (21)$$

«где $K_{\text{доп}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (21) численных значений соответствующих

переменных, получим» [9,10,12]:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 275 \cdot 11 / 100 = 30,25 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 87,5 \cdot 11 / 100 = 9,62 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 275 + 30,25 = 305,25 \text{ руб.};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 87,5 + 9,62 = 97,12 \text{ руб.}$$

«Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на страховые взносы определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12]:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \times K_{\text{сн}} / 100, \quad (22)$$

«где $K_{\text{сн}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на страховые взносы» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (22) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$O_{\text{сн баз.}} = 305,25 \cdot 30 / 100 = 91,57 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 97,12 \cdot 30 / 100 = 29,13 \text{ руб.}$$

«Объём $З_{\text{об}}$ финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12]:

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{э-э}}, \quad (23)$$

«где $A_{\text{об}}$ – финансовые потери от амортизации технологического оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12];

« $P_{\text{э-э}}$ – финансовые затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12].

«Финансовые потери от износа оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12]:

$$A_{\text{об}} = Ц_{\text{об}} \times H_a \times t_{\text{маш}} / F_{\text{э}} \times 100, \quad (24)$$

«где $Ц_{\text{об}}$ – цена оборудования, задействованного в операциях

технологического процесса, по основным и конструктивным возможностям, определяемая по каталогам компаний в сети Интернет» [9,10,12];

« N_a – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [9,10,12];

« $t_{\text{маш}}$ – машинное время - количество времени в часах, которое будет затрачено сотрудниками на выполнение основной операции» [9,10,12];

« F_3 – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (24) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$A_{\text{об. баз.}} = 160000 \cdot 21,5 \cdot 0,33 / (1831 \cdot 100) = 6,20 \text{ руб.};$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 197550 \cdot 21,5 \cdot 0,53 / (1831 \cdot 100) = 12,29 \text{ руб.}$$

«Стоимость электроэнергии при проведении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определяется расчетным методом по формуле» [9,10,12]:

$$P_{\text{э-э}} = M_{\text{уст}} \times t_{\text{маш}} \times C_{\text{э-э}} / \text{КПД}, \quad (25)$$

«где $M_{\text{уст}}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12];

« $C_{\text{э-э}}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9,10,12];

«КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9,10,12].

После подстановки в формулу (25) численных значений соответствующих переменных, имеем:

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

$$P_{\text{э-э пр}} = 10 \cdot 0,53 \cdot 5,26 / 0,85 = 37,17 \text{ руб.}$$

После подставляем все найденные коэффициенты формулу (23):

$$Зоб_{\text{баз.}} = 6,20 + 23,14 = 29,34 \text{ руб.};$$

$$Зоб_{\text{проектн.}} = 12,32 + 37,17 = 49,47 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12]:

$$C_{\text{тех}} = M + \Phi 3П + O_{\text{сн}} + З_{\text{об}} \quad (26)$$

«После подстановки в формулу (26) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$C_{\text{Тех.Баз.}} = 1154,1 + 305,25 + 91,57 + 29,34 = 1580,26 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{Тех.Баз.}} = 1479,1 + 305,25 + 91,57 + 29,34 = 1905,26 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{Тех.Проектн.}} = 2930 + 97,12 + 29,13 + 49,47 = 3105,82 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12]:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \times K_{\text{цех}}, \quad (27)$$

«где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю производственных затрат при выполнении операций технологического процесса по основным и проектным возможностям» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (27) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$C_{\text{Цех.Баз.}} = 1580,26 + 275 \cdot 1,72 = 2590,35 + 1462,5 = 2053,26 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{Цех.Баз.}} = 1905,26 + 275 \cdot 1,72 = 2915,36 + 1462,5 = 2378,26 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ЦехП.проектн.}} = 3105,82 + 87,5 \cdot 1,72 = 3150,82 + 178,12 = 3256,32 \text{ руб.}$$

«Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12]:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + З_{\text{осн}} \times K_{\text{зав}}, \quad (28)$$

«где $K_{\text{ЗАВ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам» [9,10,12].

После подстановки в формулу (28) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{Зав.Баз.}} = 2053,26 + 275 \cdot 1,97 = 4052,85 + 1121,25 = 2595,01 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{Зав.Баз.}} = 2378,26 + 275 \cdot 1,97 = 4377,85 + 1121,25 = 2920,01 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{Зав.Проектн.}} = 3256,32 + 87,5 \cdot 1,97 = 3328,94 + 136,56 = 3428,69 \text{ руб.}$$

Таблица 23 – «Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки» [9,10,12]

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Базовый	Проектный
1. Материалы	М	1) УОНИ Ø3 = 1134,1 1) УОНИ Ø4 = 1479,1	2930
2. Фонд заработной платы	ФЗП	305,25	97,12
3. Отчисление на соц. нужды	Осн	91,57	29,13
4. Затраты на оборудование	Зоб	29,34	49,47
5. Себестоимость технологич.	Стехн.	1) 1580,26 2) 1905,26	3105,82
6. Себестоимость цеховая	Сцех.	1) 2053,26 2) 2378,26	3256,32
7. Себестоимость заводская	Сзав	1) 2595,01 2) 2920,01	3428,69

«Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 23» [9,10,12].

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

«Значение $K_{\text{общ}}$ капитальные затраты, которые потребуются для выполнения технологических операций над базовыми и проектными вариантами, определяются расчетным путем по формуле» [9,10,12]:

$$K_{\text{общ.б}} = Ц_{\text{об.б}} \times K_{\text{з.б}} \quad (29)$$

«где $K_{\text{з}}$ – ранее полученное расчётное значения коэффициента загрузки оборудования» [9,10,12];

« $Ц_{\text{об.б.}}$ – остаточная стоимость в рублях технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство, который определяется по сроку службы этого оборудования» [9,10,12];

« n – приобретенное ранее количество единиц технологического оборудования, для выполнения технологических операций в базовом и конструктивном вариантах» [9,10,12].

«Величину $Ц_{\text{об.б.}}$ остаточная стоимость технологического оборудования на момент внедрения предлагаемых решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [9,10,12]:

$$Ц_{\text{об.б}} = Ц_{\text{перв.}} - (Ц_{\text{перв.}} \times T_{\text{сл}} \times H_{\text{а}}/100), \quad (30)$$

«где $Ц_{\text{перв.}}$ – рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса» [9,10,12];

« $T_{\text{сл}}$ – количество лет, в течение которых рассматриваемое оборудование было использовано в технологическом процессе по базовому варианту» [9,10,12];

« $H_{\text{а}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (29) и (30) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$Ц_{\text{об.баз.}} = 160000 - (160000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 56800 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{общ.баз.}} = 56800 \cdot 0,97 = 55096 \text{ руб.}$$

«Величину $K_{\text{общ.пр}}$ суммарные капитальные затраты на выполнение

операций технологического процесса в технологии проекта определяем расчетным способом по формуле» [9,10,12]:

$$K_{\text{общ.пр}} = K_{\text{об.пр.}} + K_{\text{пл.пр}} + K_{\text{соп.}}, \quad (31)$$

«где $K_{\text{об.пр}}$ – оценочная сумма капитальных вложений в оборудование, используемое для выполнения технологических операций в технологии проекта» [9,10,12];

« $K_{\text{пл.пр}}$ – предполагаемый объем капитальных вложений в производственные мощности, которые используются для выполнения технологических операций по технологии проекта» [9,10,12];

« $K_{\text{соп.пр}}$ – расчётный объём сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии» [9,10,12];

«Объём $K_{\text{об.пр}}$ капитальных вложений в оборудование, задействованное для выполнения операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы» [9,10,12];

$$K_{\text{об.пр}} = C_{\text{об.пр.}} \times K_{\text{тз}} \times K_{\text{зп}} \quad (32)$$

«После подстановки в формулу (32) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$K_{\text{об.пр}} = 197550 \cdot 1,05 \cdot 0,40 = 82971 \text{ руб.}$$

«Объём $K_{\text{соп}}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса в технологии проекта определяется расчетным методом по формуле» [9,10,12]:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт.}}, \quad (33)$$

«где $K_{\text{дем}}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии» [9,10,12];

« $K_{\text{монт}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования» [9,10,12].

«Затраты $K_{\text{дем}}$ на демонтаж оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса на базовом исполнении,

определяются расчетным способом по формуле» [9,10,12]:

$$K_{\text{дем}} = C_{\text{б}} \times K_{\text{дем}}, \quad (34)$$

«где $K_{\text{дем}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж» [9,10,12].

«После подстановки в формулу (34) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$K_{\text{дем}} = 160000 \cdot 0 = 0 \text{ рублей.}$$

«Стоимость $K_{\text{мон}}$ на установку оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по проектному варианту, мы определяем расчетным способом по формуле» [9,10,12]:

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об.пр}} \times K_{\text{м}}, \quad (35)$$

«где $K_{\text{монт}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж» [9,10,12].

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формулах 32 и 33, а также 35 имеем» [9,10,12]:

$$K_{\text{монт}} = 197550 \cdot 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{соп}} = 0 + 0 = 0 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ.пр.}} = 82971 + 0 = 82971 \text{ руб.}$$

«Размер $K_{\text{доп}}$ дополнительных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [9,10,12]:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ.пр.}} \times K_{\text{общ.б.}} \quad (36)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (36) имеем» [9,10,12]:

$$K_{\text{доп}} = 82971 - 55096 = 27875 \text{ рублей.}$$

«Размер индивидуальных капитальных вложений будет определяться расчетным способом по формуле» [9,10,12]:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ.б.}} / \Pi_{\text{г}} \quad (37)$$

«где $\Pi_{\text{г}}$ – принятое значение годовой программы» [9,10,12].

$$K_{\text{уд.баз}} = 55096 / 8619 = 6,39 \text{ руб./ед.;}$$

$$K_{\text{уд.проектн}} = 82971/8619 = 9,62 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

«Сокращение трудозатрат при внедрении предложенных решений в производство определяется расчетным методом по формуле» [9,10,12]:

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт.б}} - t_{\text{шт.пр}}) \times 100\% / t_{\text{шт.б}} \quad (38)$$

«После замены в формуле (38) числовых значений соответствующих переменных имеем» [9,10,12]:

$$\Delta t_{\text{шт}} = (0,44 - 0,14) \cdot 100\% / 0,44 = 0,68\%.$$

«Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:» [9,10,12].

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б}} - C_{\text{тех.пр}}) \times 100\% / C_{\text{тех.б}} \quad (39)$$

«После подстановки в формулу (39) численных значений соответствующих переменных, имеем» [9,10,12]:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1580,26 - 3105,82) \cdot 100 / 1580,26 = -0,96\%.$$

$$\Delta C_{\text{тех}} = (1905,26 - 3105,82) \cdot 100 / 1905,26 = -0,63\%.$$

«Условная годовая экономия затрат (ожидаемая прибыль) при внедрении предложенного решения в производство будет определяться расчетным способом по формуле» [9,10,12]:

$$P_{\text{рож}} = \Xi_{\text{у.г}} = (C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}}) \times P_{\text{г}} \quad (40)$$

«После замены в формуле (40) числовых значений соответствующих переменных имеем:» [9,10,12].

$$\Xi_{\text{у.г.}} = (2592,01 - 3428,69) \cdot 8619 = 7185487,92 \text{ руб.}$$

$$\Xi_{\text{у.г.}} = (2920,01 - 3428,69) \cdot 8619 = 4384312,92 \text{ руб.}$$

«Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [9,10,12]:

$$\text{Ток} = K_{\text{доп}} / C_{\text{у.г}} \quad (41)$$

«После замены числовых значений соответствующих переменных в формуле (31) имеем:» [9,10,12]:

$$\text{Ток} = 27875 / 7185487,92 = 0,038 \text{ года}$$

$$\text{Ток} = 27875 / 4384312,92 = 0,006 \text{ года}$$

«Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_\Gamma$ на участке при внедрении предлагаемых решений в производство определяется расчетным путем по формуле» [9,10,12]:

$$\mathcal{E}_\Gamma = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_n \times K_{\text{доп}} \quad (42)$$

«После подстановки в формулу (42) численных значений соответствующих переменных, имеем:» [9,10,12]

$$\mathcal{E}_\Gamma = 7185487,92 - 0,33 \cdot 27875 = 7176289,17 \text{ руб.}$$

$$\mathcal{E}_\Gamma = 4384312,92 - 0,33 \cdot 27875 = 4375114,17 \text{ руб.}$$

Заключение по разделу

Экономические расчеты показывают, что механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитного газа является более производительным и экономически выгодным способом сварки, особенно для крупных производств. Этот подход в процессе работы позволяет снизить технологические издержки на 1%. В результате внедрения новых решений возможно получить ежегодную экономию в размере от 4,37 до 7,17 миллиона рублей. Кроме того, вложения в проект окупятся всего за 0,038 года.

Заключение

Связь в России выполняет важную роль как при добыче ресурсов, так и поддержке связи на больших расстояниях на её просторах. Антенны устанавливаются на определенном расстоянии друг от друга. Со временем антенны подвергаются износу и требуется либо замена части, либо замена всей антенны.

В начале работы была поставлена цель повышение производительности изготовления основания антенны сотовой связи (мачта антенны).

В выпускной квалификационной работе проведен анализ 4 способов сварки, а также изучены их недостатки и преимущества. После проведенного анализа выбран наиболее подходящий способ сварки - механизированная сварка проволокой сплошного сечения в комплекте с аппаратам ВД-501 УЗ и механизмам подачи проволоки EWM Phoenix Progress drive 4L. Этот способ сварки обладает самой высокой производительностью.

Для изготовления мачты антенны связи высотой 7050 мм и толщиной 20 мм были выбраны необходимые инструменты. Разработан и спроектирован технологический процесс сварки. Каждый технологический процесс подробно описан.

Установлены вредные и опасные факторы, возникающие во время изготовления мачты антенны, а также разработаны способы их защиты. После проведения экономических расчетов было установлено, что проектный вариант более выгоден, чем базовый вариант.

Таким образом, выбранный способ сварки обеспечивает высокую производительность, качество шва и экономическую выгоду.

Оформление выпускной квалификационной работы выполнено в соответствии с методическими указаниями по оформлению бакалаврской работы [13].

Список использованных источников

1. Базовые станции МТС — ваши неочевидные возможности из раздела многодиапазонные антенны [Электронный ресурс]. URL: <https://halzen.ru/ram/naiti-vyshku-sotovoi-svyazi-na-karte-bazovye-stancii-mts.html> (дата обращения 15.01.2025).
2. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве учебное пособие / Л.Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
3. 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.
4. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - М. : Изд-во стандартов, 1976. – 24 с.
5. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. - М. : Изд-во стандартов, 1976. – 14 с.
6. ГОСТ 19281-2014. “Прокат повышенной прочности”. URL: <https://izmc.ru/content/GOST/19281-2014.pdf>. (дата обращения 15.01.2025). - М. : Изд-во стандартов, 2014. – 14 с.
7. ГОСТ 5520-2017: “Черная сталь 09Г2С для крайнего Севера. Химический состав и механические свойства”. URL: <https://onyxspb.ru/service/articles/chernaya-stal-09g2s-dlya-kraynego-severa-khimicheskij-sostav-i-mekhanicheskie-svoystva/>. (дата обращения 15.01.2025). - М. : Изд-во стандартов, 2017. – 16 с.
8. Козулин, М.Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТГУ, 2002. – 280 с

9. Краснопевцева, И.В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И.В. Краснопевцева. – Тольятти: ТГУ, 2000. – 38 с.
10. Краснопевцева И.В Методическое пособие по выполнению экономической части дипломного проекта [Текст] / И.В.Краснопевцева – Тольятти, 2015, – С.21.
11. Лесков, Г.И. Электрическая сварочная дуга. – М. : Машиностроение, 1970. – с. 335.
12. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. - №10. - С.54-61.
13. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры. – Тольятти : ТГУ, 2024. - 39 с.
14. Механизм подачи проволоки «EWM Phoenix Progress drive 4L»: [Электронный ресурс] // Сварочные технологии. Механизм подачи проволоки «ПДГО-501». Технические характеристики, 2008-2020 / Режим доступа: <http://www.welding-russia.ru/catalog.html?itemid=15692/>. (Дата обращения: 15.01.2025).
15. Патон, Б. Е., Римский, С. Т., Галинич, В. И. Применение защитных газов в сварочном производстве [Электронный ресурс] / Автоматическая сварка: науч.-произв. журн. – 2014. - №6. – С.17-24. - Режим доступа: <http://patonpublishinghouse.com/> - (дата обращения 15.01.2025).
16. Попков, А.М. Расчет параметров режима дуговой сварки угловых и стыковых швов // Сварочное производство. 1998. – № 7.– с.3–5.
17. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. / А.Г. Потапьевский. – М. : Машиностроение, 1974. – 240 с.
18. Сварочный выпрямитель «ВД-501»: [Электронный ресурс] // Сварочные технологии. Сварочный выпрямитель «ВД-501». Технические

характеристики, 2008-2020 / Режим доступа: <http://www.welding-russia.ru/catalog.html?itemid=15688/>. (Дата обращения: 15.01.2025).

19. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. - М. : Изд-во Машиностроение, 1989. – 640 с.

20. Специальные стали и сплавы со склада в Москве [Электронный ресурс]. URL: <https://specstaly.ru/about/stati/xarakteristika-materiala-09g2s?ysclid=m6hm19gp3n595973216> (дата обращения 15.01.2025).

21. Impact of thermal treatment modes upon steel 09G2S durability in environment with increased CO₂ values [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencegate.app/search#bc768016-5c4b-49a0-bc63-123536343034/10/1>. (Дата обращения: 15.01.2025)

22. Improving the physicomechanical properties of heat treated 09G2S steels [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencegate.app/search#bc768016-5c4b-49a0-bc63-123536343034/50/0>. (дата обращения 15.01.2025).

23. Influence of the welding method on the impact strength and cyclic fracture toughness parameters of the 09G2S steel [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencegate.app/search#bc768016-5c4b-49a0-bc63-123536343034/50/1>. (дата обращения 15.01.2025).

24. Evaluation of Hydrogen Degradation by *In Situ* Ultrasonic Testing 09G2S Steel [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencegate.app/search#bc768016-5c4b-49a0-bc63-123536343034/10/0>. (Дата обращения: 15.01.2025).

25. The strength of welded structures at low climatic temperatures [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sciencegate.app/search#bc768016-5c4b-49a0-bc63-123536343034/10/1>. (дата обращения 15.01.2025).