

«Тольяттинский государственный университет»

(наименование института полностью)

(наименование кафедры)

(код и наименование направления подготовки, специальности)

(направленность (профиль)/ специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

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

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2017

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СОМДиРП
В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Вырмаскин Сергей Валерьевич

1. Тема Технология и оборудование для сварки радиомачты
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе базовая технология
сварки, материалы практикам, нормативные документы СОНИИРП,
научно-техническая и патентная литература, стандарты, интернет-ресурсы
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение. Доказательство актуальности работы, цель работы.

1) Анализ конструкции радиомачты, свойств применяемых сталей, условий эксплуатации, базовой технологии сварки. Анализ вариантов достижения цели проекта, формулировка задач проекта

2) Выбор режимов сварки, разработка технологических рекомендаций, разработка проектной технологии сварки, разработка конструкции сборочного приспособления

3) Анализ опасных и вредных производственных факторов, разработка мероприятий по их нейтрализации

4) Экономическая эффективность предлагаемых в проекте технических решений

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Общий вид радиомачты – 1 лист

Базовая технология – 1 лист

Аналитический лист – 1 лист

Проектная технология – 1 лист

Приспособление – 2 листа

Участок сварки – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность проекта

Безопасность и экологичность проекта

Нормоконтроль

7. Дата выдачи задания «_____» _____ 20__ г.

Заказчик

(подпись)

(И.О. фамилия)

Руководитель дипломного проекта

(подпись)

А.Л. Федоров

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.В. Вырмаскин

(И.О. фамилия)

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ 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 кафедры)

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____

(подпись) _____
« ____ » _____ 20 ____ г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы**

Студента _____ **Вырмаскин Сергей Валерьевич**

по теме Технология и оборудование для сварки радиомачты

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	1.02.17 – 10.02.17	1.02.17 – 10.02.17	выполнено	
Анализ исходных данных и известных технических решений	10.02.17 – 28.02.17	10.02.17 – 28.02.17	выполнено	
Разработка технологии сборки и сварки радиомачты	01.03.17 – 30.03.17	01.03.17 – 30.03.17	выполнено	
Выбор оборудования	01.04.17 - 14.04.17	01.04.17 - 14.04.17	выполнено	
Безопасность и экологичность проекта	15.04.17 30.04.17	15.04.17 30.04.17	выполнено	
Экономическое обоснование	01.05.17 – 21.05.17	01.05.17 – 21.05.17	выполнено	

Руководитель бакалаврской работы _____
(подпись) _____
_____ **А.Л. Федоров**
(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению _____
(подпись) _____
_____ **С.В. Вырмаскин**
(И.О. фамилия)

АННОТАЦИЯ

Цель бакалаврской работы: повышение производительности, снижение металлоемкости при сварке радиомачты.

Чтобы достичь поставленную цель в работе решены следующие задачи: выбран способ механизированной сварки радиомачты; выбраны режимы технологии механизированной сварки радиомачты; разработан технологический процесс сварки радиомачты; разработано приспособление, обеспечивающее фиксацию деталей радиомачты при сборке под сварку и прихватке; проанализирована и модернизирована существующая система техники безопасности сварочного участка в связи с изменившимися обстоятельствами; рассчитана экономическая эффективность.

Проанализирован существующий техпроцесс сварки отправных элементов радиомачты, предъявляемые к данной конструкции требования, главный недостаток базовой технологии низкая производительность, для повышения производительности предложено применить механизированную сварку и сборочную оснастку. Подобрана сварочная проволока и режимы сварки. Разработан типовой техпроцесс сварки отправных элементов радиомачты. Выбрано оборудование. Спроектирована оснастка, обеспечивающая снижение расхода времени на операции сборки и повышение стабильности геометрии изделия. Для защиты рабочих участвующих в сборке и сварке от вредных и опасных факторов предложены необходимые технические и организационные мероприятия. Расчет экономического эффекта от внедрения разработок составит 278342 руб. Работа состоит из пояснительной записки, в которой 55 страниц, 6 рисунков, 6 таблиц. В графической части 9 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	9
1.1 Краткое описание комплекса С-400	9
1.2 Мачта для установки радиолокатора	10
1.3 Базовый технологический процесс сварки элемента мачты	26
1.4 Анализ известных технических решений при сварке отправных элементов радиомачты.....	28
1.5. Задачи работы.....	35
2 Разработка технологического процесса сборки и сварки радиомачты	37
2.1 Выбор режимов сварки.....	37
2.2 Технология сборки и сварки радиомачты	37
3. Выбор оборудования и проектирование оснастки	39
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.	41
4.2 Профессиональные риски на участке.	43
4.3. Мероприятия снижающие профессиональные риски участка сварки .	44
4.4 Пожарная и техногенная безопасность участка сварки.	44
4.5 Экологическая безопасность сварочного участка	45
Заключение по разделу	46
5 Экономическая эффективность	48
5.1 Исходные данные для выполнения расчетов	48
5.2 Расчет штучного времени.....	50
5.3 Расчет требуемого количества оборудования.....	50
5.4 Расчет капитальных вложений	52
5.5 Определение технологической себестоимости.....	54
5.6 Определение цеховой себестоимости	57
5.7 Определение заводской себестоимости	57
5.8 Калькуляция себестоимости	58

5.9 Экономическая эффективность проекта.....	58
Заключение по разделу	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

ВВЕДЕНИЕ

24 ноября 2015 года турецкие ВВС сбили над территорией Сирии российский бомбардировщик Су-24. Данный инцидент потребовал адекватного ответа со стороны Российского руководства и он последовал. Президентом России Владимиром Путиным было принято, в том числе, и решение о переброске и развертывании в Сирии ЗРК С-400.

Зенитный ракетный комплекс С-400 "Триумф" предназначен для поражения воздушных целей на большой и средней дальности. ЗРК С-400 представляет собой сложнейшую систему, включающую в свой состав многофункциональную РЛС, пусковые установки, автономные средства обнаружения и целеуказания. Следует отметить, что после трагедии 24.11.2015 ситуация в Сирии стала совершенно непредсказуемой, поэтому переброска должна была быть осуществлена в возможно сжатые сроки.

Непосредственное участие в переброске комплекса принял ФГУП СНИИР (Самара). Однако сжатые сроки подготовки некоторых компонентов комплекса потребовали пересмотра технологий, задействованных в их изготовлении.

Так при изготовлении отправных элементов мачты крепления радиолокатора использование устаревших технических решений могло поставить под угрозу сроки выполнения правительственного заказа.

Цель настоящей работы – повышение производительности труда при изготовлении отправных элементов радиомачты.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Краткое описание комплекса С-400

Разработкой ЗРК С-400 занималось НПО «Алмаз» под руководством генерального конструктора Александра Леманского. Принят на вооружение 28 апреля 2007 г.

Цели комплекс обнаруживает на расстоянии до 600 км. Дальность стрельбы до 400 км на высотах до 30 км и около 60 км при поражении баллистических целей среднего и малого радиуса действия. В отличие от зарубежных конкурентов С-400 способен поражать аэродинамические цели, движущиеся на низких высотах, вплоть до 5 метров. Комплекс обеспечивает эффективную защиту от массовой атаки в условиях активного радиоэлектронного противодействия. Благодаря широкому спектру применяемых ракет позволяет создавать эшелонированную оборону.

В состав комплекса входит:

станция обнаружения целей типа 64Н6

станция обнаружения целей типа 76Н6

станция с дальностью обнаружения целей около 600 км.

станция наведения типа 36Н6.

Четырехкоординатная моноимпульсная секторная
многофункциональная РЛС 92Н2Е.

Антенный поста 92Н6Е.

Всевысотная РЛС 96Л6Е.

В состав средств входит вычислительный комплекс "Эльбрус". Новый вычислительный комплекс способен, после получения данных от РЛС, определять тип и характер целей, после чего выделять из группы наиболее опасные цели и распределить их по важности.

Пусковые установки в количестве от 8 до 12 штук типа 5П85С и 5П85Т, которые также используются в ЗРК С-300ПМУ.

Следует обратить внимание на пикантную деталь. С-400 напоминает С-300. Это сделано для того, чтобы противник до последнего момента сомневался – какой комплекс противостоит ему.

Важным компонентом комплекса являются мачты, на которые устанавливаются антенны радиолокационных станций.

1.2 Мачта для установки радиолокатора

Как было указано выше, после принятия Президентом России Путиным В.В. решения о размещении комплекса С-400 в Сирии, действовать пришлось в сжатые сроки. Традиционный поставщик металлопроката для радиомачт нужную номенклатуру с столь сжатый срок поставить был не в состоянии. Поэтому пришлось анализировать, какой еще металлопрокат подошел бы для изготовления радиомачты. Для этого проводили расчет мачты. Следует помнить, что мачта сварная.

Для расчета сварных конструкций применяют обычные методы из сопротивления материалов. Однако есть особенности, присущие только расчету сварных конструкций. Одной из особенностей является органическая связь отдельных элементов друг с другом, создаваемая сварными швами. При этом конструкция, составленная из нескольких отдельных заготовок и деталей, превращается в неразъемную, совмещающую в себе преимущества составных конструкций с достоинствами монолитных.

Следует отметить также легкость придания разнообразных конструктивных форм, так как при сварке в отличие от клепки не требуются какие-либо промежуточные соединительные элементы для сопряжения двух листов под любыми углами, и они могут быть соединены друг с другом непосредственно.

При создании сварных конструкций имеется возможность использования заготовок, выполненных с применением любых технологических процессов, наиболее соответствующих их назначению и экономичных при заданных размерах, форме и числе одинаковых заготовок.

Это позволяет конструктору создавать наиболее рациональные и экономичные конструкции.

Кроме того, имеется возможность применения в одной конструкции различных материалов, наиболее соответствующих тем требованиям, которые предъявляются условиями работы различных элементов и деталей конструкций. Это позволяет полноценно использовать все свойства применяемых материалов и снизить затраты металла.

При расчете сварных конструкций должно учитываться возникновение в сварных соединениях различных неоднородностей вследствие доведения свариваемых кромок до плавления (при сварке плавлением) или до пластического состояния (при сварке давлением). В том и другом случае в сварном соединении образуются зоны с различным химическим составом, с различной структурой, с различными механическими свойствами. К этому можно добавить и геометрическую неоднородность, вызванную как заданными конструктивными формами, так и технологией сварки, приводящую к своеобразному неравномерному распределению напряжений и усилий в конструкции.

Поэтому, сварные соединения, включающие шов, зону термического влияния и основной металл, характеризуются, как правило, значительной разнородностью механических свойств. Зачастую металл шва оказывается прочнее основного металла; прочностные свойства металла зоны термического влияния зависят от реакции основного металла на сварочный термический цикл, поэтому зона термического влияния может обладать как максимальной (для сталей, склонных к закалке), так и минимальной (для сталей, склонных к разупрочнению) прочностью.

Кроме того, при расчете сварных конструкций следует учитывать появление остаточных деформаций и напряжений как следствие возникновения при сварке пластических деформаций. Остаточные напряжения большой величины и нередко значительные пластические деформации в большинстве случаев способны снижать работоспособность

сварных конструкций и даже вызывать их разрушение в процессе изготовления.

Эти характерные особенности сварных соединений и узлов определяют методику проектирования и работоспособность сварной конструкции.

Для создания рациональной сварной конструкции необходимо при проектировании учитывать технологические воздействия, которые она испытывает в процессе изготовления. Следовательно, необходимо комплексное проектирование сварной конструкции и технологического процесса ее изготовления, так как только в этом случае можно выбрать такие решения, которые обеспечат необходимую работоспособность конструкции при минимальных затратах материалов, труда и времени на ее изготовление.

Применяемые методы оценки прочности, как правило, не учитывают воздействия, оказываемые на конструкцию процессом ее изготовления.

При расчетах исходят из проектных размеров и формы отдельных сварных соединений и элементов без учета тех искажений, которые вызываются сварочными деформациями. Все это приводит к тому, что расчеты перестают правильно воспроизводить действительные условия работы конструкции и в ряде случаев не могут гарантировать надежность работы конструкции. Поэтому необходимо в расчетах прочности и устойчивости учитывать технологические воздействия.

Путем соответствующего выбора материалов, их свойств возможно создание сварных конструкций, в которых оптимально бы сочетались высокая прочность и жесткость с другими важными качествами: относительно малой объемной массой, стойкостью к агрессивным средам и т.п. В связи с этим возникают совершенно новые проблемы расчета и проектирования сварных конструкций с заданными свойствами. Сварные узлы и конструкции представляют собой весьма подходящий объект для применения принципов оптимального проектирования благодаря большой свободе при выборе механических характеристик материала, его

анизотропии, конструктивных форм и размеров несущих элементов. Однако в этой области сделано еще очень мало.

Сварные соединения, узлы и конструкции, состоящие из многочисленных зон с особыми характеристиками, можно, очевидно, отнести к изделиям с различными физико-механическими свойствами, то есть к композитным.

Конструкцию рассчитывают, исходя из внешних воздействий (силовых, температурных и деформационных) на нее и ее сопротивления этим воздействиям. Воздействия обычно имеют случайный характер, поэтому расчет конструкции в общем представляет предмет теории надежности с применением вероятностных методов. Главное направление совершенствования сварных соединений и узлов заключается в обеспечении необходимого уровня несущей способности и надежности при минимальных затратах на их выполнение.

Один из наиболее важных вопросов при решении указанных проблем - совершенствование подходов к расчету сварных соединений, включая установление их расчетных сопротивлений.

Для определения прочностных и деформационных свойств несущей конструкции обычно рассматривают ее расчетную схему, в которой идеализируют элементы, их соединения, опорные устройства, нагрузку. Например, балки, стойки и другие стержневые элементы конструкции представляют в виде линий, совпадающих с осями элементов, нагрузку считают сосредоточенной в отдельных точках или распределенной вдоль осей и т.п.

За время, прошедшее с начала широкого применения сварки в металлических конструкциях, появилось много опытных и теоретических исследований, освещающих работу основных типов сварных соединений, их механические свойства и напряженное состояние при простейших нагрузках. На основе этих исследований установлены соответствующие нормы, поэтому

расчет прочности отдельно взятого шва при простой нагрузке обычно не вызывает затруднений.

Иначе обстоит дело в тех случаях, когда сварной узел является сложным, то есть состоит из нескольких швов одного или различных типов, или содержит вспомогательные элементы в виде накладок, вставок и т.п. Вопрос о совместной работе элементов таких сложных соединений еще мало исследован и поэтому нередко расчеты приходится производить на основании общих соображений, иногда гадательных или не отражающих правильно суть явления. Кроме того, расчет затрудняется, если при этом и нагрузка является сложной. Естественно, что в расчете прочности сварных конструкций вопрос о работе сложных соединений – одна из главных проблем, требующих своего разрешения.

Надежность и долговечность сварных конструкций в сочетании с рациональным использованием материала могут быть обеспечены только при тщательном исследовании прочности сварных соединений и узлов. Под прочностью понимают способность твердого тела воспринимать, не разрушаясь, внешние воздействия. Требования к проектируемым конструкциям многообразны и противоречивы: с одной стороны, она должна быть прочной, устойчивой и жесткой, а с другой предельно экономичной. Отсюда возникает задача оптимального проектирования.

Условная расчетная схема мачты – стойка с жестким закреплением фундамента. Стойки это элементы конструкций, работающие преимущественно на сжатие и продольный изгиб. При расчете стойки необходимо обеспечить прочность и устойчивость. В зависимости от схемы нагружения различают центрально-сжатые, внецентренно-сжатые и сжато-изогнутые стойки. В центрально-сжатых стойках нагрузка прикладывается по оси стержня или симметрично относительно нее. Расчет стоек включает в себя предварительный подбор сечения и его окончательную проверку.

Предварительный подбор сечения стержня сплошной сварной стойки осуществляем в следующем порядке.

Подсчитываем расчетную сжимающую нагрузку, моменты изгибающие, поперечные силы. С учетом веса закрепляемого радиолокатора $N = P_1 + P_2 = 21000 \text{ кг}$, $Q_y = 6 \text{ тс}$, $M_1 = 6 \cdot 0,9 = 5,4 \text{ тсм}$,

Строим эпюры, рис. 1.1.

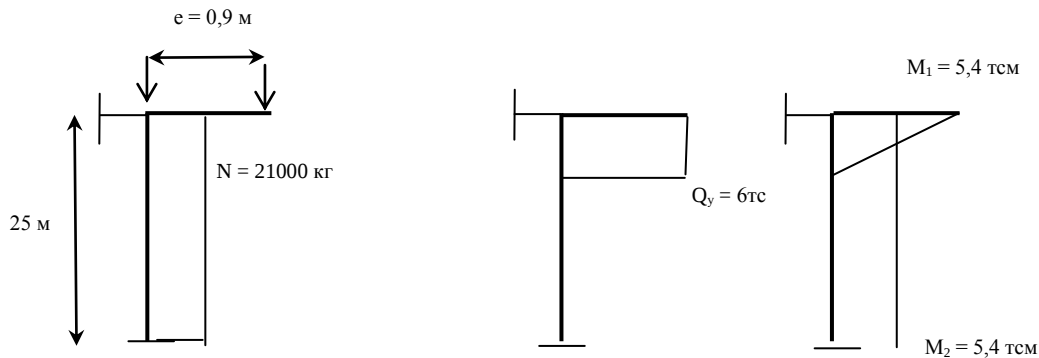


Рисунок 1.1. Эпюры изгибающих моментов, поперечных и продольных сил.

Для нашего типа закрепления сжатых стержней, рис. 7. свободную длину l_0 можно определить:

$$l_0 = 2 \cdot l = 48 \text{ м.}$$

В качестве поперечного сечения выбираем стойку имеющую составное сечение в виде двух двутавров, так как высота нашей стойки большая, да и нагрузки солидные.

Определяем начальные габариты сечения h_x и h_y . Для определения h_x воспользуемся таблицей 1, [2].

Таблица 1.

$l_0, \text{ м}$	до 12	12...16	свыше 16
$h_x, \text{ м}$	$l_0/15$	$l_0/18$	$l_0/20$

$$h_x = l_0/15 = 48/20 = 2,4 \text{ м.}$$

Размер сечения вдоль оси Y определим:

$$h_y = 1,3 \frac{l_o}{120K_x} = 1,3 \frac{48}{120 * 0,5} = 1,04 \text{метра}$$

Для нашего сечения K_x принимаем 0,43 [2], приложение 4.

Следующий этап определение вида нагружения стойки. Для этого определяем эксцентриситет приложения нагрузки

$$e_N = \frac{P_2 e}{P_1 + P_2} = \frac{6 * 0,9}{6 + 15} = 0,25 \text{м} = 25 \text{ см}$$

Затем определяем ядровый радиус

$$\rho_y = \frac{2(K_y h_x)^2}{h_x} = \frac{2 * (0,39 * 2,4)^2}{2,4} = 0,73 \text{ м} = 73 \text{ см}$$

Для нашего сечения K_y составит 0,43 [2].

Сравниваем значения эксцентриситета приложения нагрузки и ядрового радиуса. Если $e_N < \rho_y$, то равнодействующая сил проходит внутри ядра сечения и расчет сечения проводим как для центрально-нагруженной стойки. Если $e_N > \rho_y$, то равнодействующая сил проходит за пределами ядра сечения и расчет сечения проводим как для внецентренно-нагруженной стойки. У нас получается центрально-нагруженная стойка.

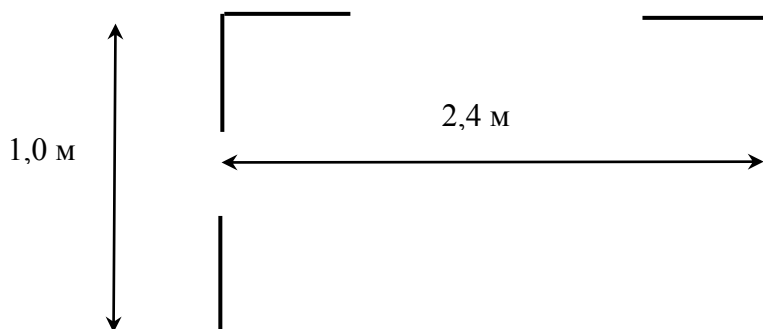
Задаем коэффициент снижения напряжений $\varphi = 0,65 \dots 0,7$. Определяем требуемую площадь сечения

$$F_{\text{ТРЕБ}} = \frac{N}{R \frac{m}{n} \varphi} = \frac{21000}{2900 \frac{0,9}{1,2} 0,65} = 14,85 \text{см}^2$$

Конструируем сечение с площадью $F \cong F_{\text{ТРЕБ}}$ и ранее рассчитанными габаритами h_x и h_y .

Сечение выбираем ферму из 4-х уголков. Площадь 1 уголка требуется $F_{\text{УГ}} = 14,85/4 = 3,71 \text{ см}^2$. По сортаменту (ГОСТ 8509-72) уголок с полкой 50 мм имеет площадь меньше. Берем уголок с полкой 70 мм, и с толщиной полки, $d=6 \text{ мм}$.

Разносим уголок на расстояние 2,4 м по оси X и на расстояние 1,0 м по оси Y.



Определяем геометрические характеристики сечения.

$$F = 4 \cdot 8,15 = 32,6 \text{ см}^2.$$

$$I_x = 4 \cdot I_{x_1} + 4F((h_y - Z_0)/2)^2 = 4 \cdot 37,6 + 4 \cdot 8,15((100 - 1,94)/2)^2 = 78518,0 \text{ см}^4$$

$$I_y = 4 \cdot I_{y_1} + 4F((h_x - Z_0)/2)^2 = 4 \cdot 37,6 + 4 \cdot 8,15((240 - 1,94)/2)^2 = 462031 \text{ см}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{78518}{32,6}} = 49,07 \text{ см}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{462031}{32,6}} = 119 \text{ см}$$

$$\lambda_x = l_0/i_x = 4800/49,07 = 97,8; \quad \lambda_y = l_0/i_y = 4800/119 = 40,31$$

Значения φ_x , φ_y определяем в зависимости от λ по таблице в приложении 18 [2].

$$\varphi_x = 0,618, \quad \varphi_y = 0,92$$

Делаем две проверки по напряжениям

$$\sigma_y = \frac{M}{J_y} \frac{h_x}{2} + \frac{N}{F\varphi_y} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

$$\sigma_x = \frac{N}{KF\varphi_x} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

Где коэффициент K учитывает влияние изгиба относительно оси y на

напряжения σ_x , например при случайных деформациях скручивания стойки:

$$K = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{MF}{W_Y N}} \right) = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{5,4 * 10^5 * 32,6 * 240}{462031 * 2 * 21000}} \right) = 0,91$$

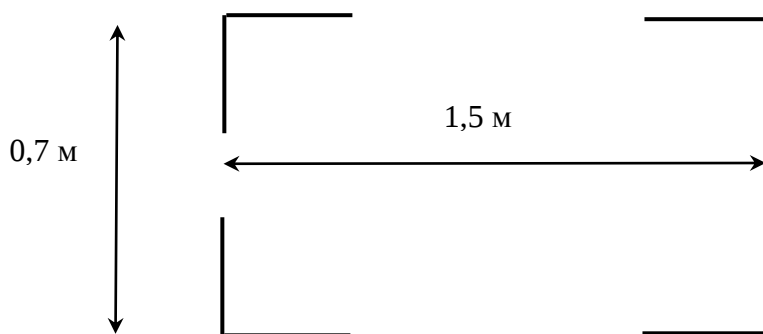
$$\sigma_x = \frac{21000}{0,91 * 32,6 * 0,618} = 1271 \text{ кг / см}^2 < [2900 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%} = 2175 \text{ кг / см}^2$$

$$\sigma_y = \frac{5,4 * 10^5}{462031} \frac{240}{2} + \frac{21000}{32,6 * 0,92} = 887 \text{ кг / см}^2 \leq [2900 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%}$$

По оси X недогруз $(1271 - 2175) * 100 / 2175 = 41\%$ - больше нормы.

По оси Y недогруз $(887 - 2175) * 100 / 2175 = 59\%$ - больше нормы.

Изменяем сечение. Уголок оставляем без изменений. Габариты сечения изменим.



Определяем геометрические характеристики сечения.

$$F = 4 * 8,15 = 32,6 \text{ см}^2.$$

$$I_x = 4 * I_{x1} + 4F((h_y - Z_0)/2)^2 = 4 * 37,6 + 4 * 8,15((70 - 1,94)/2)^2 = 37902 \text{ см}^4$$

$$I_y = 4 * I_{y1} + 4F((h_x - Z_0)/2)^2 = 4 * 37,6 + 4 * 8,15 * ((150 - 1,94)/2)^2 = 178812 \text{ см}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{37902}{32,6}} = 34,09 \text{ см}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{178812}{32,6}} = 74,06 \text{ см}$$

$$\lambda_x = l_0 / i_x = 4800 / 34,09 = 140$$

$$\lambda_y = l_0/i_y = 4800/74,06 = 64,8$$

Значения φ_x , φ_y определяем в зависимости от λ по таблице в приложении 18.

$$\varphi_x = 0,25, \quad \varphi_y = 0,78.$$

Делаем две проверки по напряжениям

$$\sigma_y = \frac{M}{J_y} \frac{h_x}{2} + \frac{N}{F\varphi_y} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

$$\sigma_x = \frac{N}{KF\varphi_x} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

Где коэффициент K учитывает влияние изгиба относительно оси y на напряжения σ_x , например при случайных деформациях скручивания стойки:

$$K = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{MF}{W_y N}} \right) = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{5,4 \cdot 10^5 \cdot 32,6 \cdot 150}{178812 \cdot 2 \cdot 21000}} \right) = 0,86$$

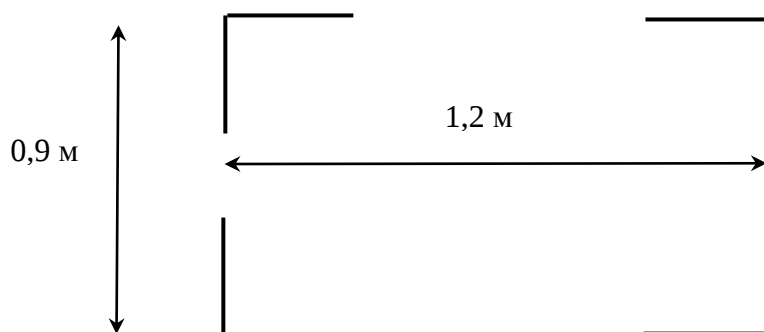
$$\sigma_x = \frac{21000}{0,86 \cdot 32,6 \cdot 0,25} = 2996 \text{ кг/см}^2 \geq [2900 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%} = 2175 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_y = \frac{5,4 \cdot 10^5}{178812} \frac{150}{2} + \frac{21000}{32,6 \cdot 0,78} = 1052 \text{ кг/см}^2 \leq [1400 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%}$$

По оси X перегруз $(2996-2175) \cdot 100/2175 = 37\%$

По оси Y недогруз $(1052-2175) \cdot 100/2175 = 51\%$

Изменяем сечение. Уголок оставляем без изменений. Габариты сечения изменим.



Определяем геометрические характеристики сечения.

$$F = 4 \cdot 8,15 = 32,6 \text{ см}^2.$$

$$I_x = 4 \cdot I_{x_1} + 4F((h_y - Z_0)/2)^2 = 4 \cdot 37,6 + 4 \cdot 8,15((90 - 1,94)/2)^2 = 63350 \text{ см}^4$$

$$I_y = 4 \cdot I_{y_1} + 4F((h_x - Z_0)/2)^2 = 4 \cdot 37,6 + 4 \cdot 8,15((120 - 1,94)/2)^2 = 113746 \text{ см}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{63350}{32,6}} = 44,08 \text{ см}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{113746}{32,6}} = 59,06 \text{ см}$$

$$\lambda_x = l_0/i_x = 4800/44,08 = 108,8; \quad \lambda_y = l_0/i_y = 4800/59,06 = 81,26$$

Значения φ_x , φ_y определяем в зависимости от λ по таблице в приложении 18.

$$\varphi_x = 0,39, \quad \varphi_y = 0,63.$$

Делаем две проверки по напряжениям

$$\sigma_y = \frac{M}{J_y} \frac{h_x}{2} + \frac{N}{F\varphi_y} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

$$\sigma_x = \frac{N}{KF\varphi_x} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

Где коэффициент K учитывает влияние изгиба относительно оси y на напряжения σ_x , например при случайных деформациях скручивания стойки:

$$K = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{MF}{W_y N}} \right) = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{5,4 \cdot 10^5 \cdot 32,6 \cdot 120}{113746 \cdot 2 \cdot 21000}} \right) = 0,84$$

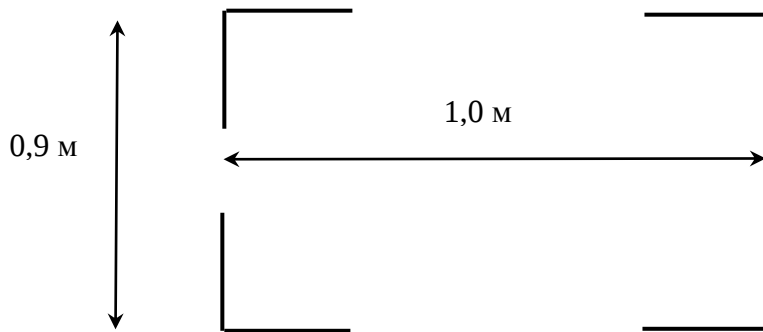
$$\sigma_x = \frac{21000}{0,84 \cdot 32,6 \cdot 0,39} = 1966 \text{ кг/см}^2 < [2900 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%} = 2175 \text{ кг/см}^2$$

$$\sigma_y = \frac{5,4 \cdot 10^5}{113746} \frac{120}{2} + \frac{21000}{32,6 \cdot 0,63} = 1307 \text{ кг/см}^2 \leq [2900 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%}$$

По оси X недогруз $(1966 - 2175) \cdot 100 / 2175 = 9\%$

По оси Y недогруз $(1307 - 2175) \cdot 100 / 2175 = 39\%$

Изменяем сечение. Уголок оставляем без изменений. Габариты сечения изменим.



Определяем геометрические характеристики сечения.

$$F = 4 \cdot 8,15 = 32,6 \text{ см}^2.$$

$$I_x = 4 \cdot I_{x_1} + 4F((h_y - Z_0)/2)^2 = 4 \cdot 37,6 + 4 \cdot 8,15((90 - 1,94)/2)^2 = 63350 \text{ см}^4$$

$$I_y = 4 \cdot I_{y_1} + 4F((h_x - Z_0)/2)^2 = 4 \cdot 37,6 + 4 \cdot 8,15 \cdot ((100 - 1,94)/2)^2 = 78518 \text{ см}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{J_x}{F}} = \sqrt{\frac{63350}{32,6}} = 44,08 \text{ см}$$

$$i_y = \sqrt{\frac{J_y}{F}} = \sqrt{\frac{78518}{32,6}} = 49,07 \text{ см}$$

$$\lambda_x = l_0/i_x = 4800/44,08 = 108,8; \quad \lambda_y = l_0/i_y = 4800/49,07 = 97,8$$

Значения φ_x , φ_y определяем в зависимости от λ по таблице в приложении 18.

$$\varphi_x = 0,39, \quad \varphi_y = 0,46.$$

Делаем две проверки по напряжениям

$$\sigma_y = \frac{M}{J_y} \frac{h_x}{2} + \frac{N}{F\varphi_y} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

$$\sigma_x = \frac{N}{KF\varphi_x} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

Где коэффициент K учитывает влияние изгиба относительно оси y на напряжения σ_x , например при случайных деформациях скручивания стойки:

$$K = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{MF}{W_Y N}} \right) = 0,5 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{5,4 * 10^5 * 32,6 * 100}{78518 * 2 * 21000}} \right) = 0,82$$

$$\sigma_x = \frac{21000}{0,82 * 32,6 * 0,39} = 2110 \text{ кг / см}^2 < [2900 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%} = 2175 \text{ кг / см}^2$$

$$\sigma_y = \frac{5,4 * 10^5}{78518} \frac{100}{2} + \frac{21000}{32,6 * 0,46} = 2007 \text{ кг / см}^2 \leq [2900 \frac{0,9}{1,2}]^{+5\%}$$

По оси X недогруз $(2110-2175)*100/2175 = 3\%$

По оси Y недогруз $(2007-2175)*100/2175 = 4\%$

Считаем сечение подобранным.

Соединяем ветви раскосной решеткой. Угол принимаем 45° .

Определяем длину раскоса $l_{\text{рск}} = h_x / \sin 45 = 100 / 0,707 = 141 \text{ см}$.

Гибкость раскоса не должна превышать 150 [2].

$$i_{\text{min}} = 141 / 150 = 0,94 \text{ см}.$$

Берем уголок с полкой 70 мм и толщиной полки 6 мм. У него $i = 2,15 \text{ см}$.

Диафрагмы служат для повышения стойки скручиванию. Принимаем решетчатую диафрагму. Выполняем диафрагму из уголков с полкой 70 мм и толщиной полки 6 мм.

Расстояние между диафрагмами не должно превышать 5 м [2]. Исходя из этого, и учитывая что расстояние между раскосами составляет $h_x = 1000 \text{ мм}$ и длина отправочного элемента составляет 5000 мм устанавливаем диафрагмы через каждые 5000 мм.

Расчет базы

Базу принимаем отдельную, на каждую ветвь. Назначаем размеры опорной плиты исходя из конструктивных соображений. При этом учитываем, что толщина ее должна быть в пределах 20...25 мм, ширину $h_{\text{упл}}$ принимаем 140 и длину $h_{\text{хпл}}$ принимаем 140 мм. При этом дополнительное

усилие создаст затяжка болтов, принимаем 2 болта на каждой плите. Болт принимаем М24. Условно σ_z примем 800 кгс/см^2 . $N_{зб} = n \cdot F_b \cdot \sigma_z = 2 \cdot 3,38 \cdot 800 = 5400 \text{ кгс}$. Учтем еще и собственный вес стойки $G \approx n \cdot M_{пм} \cdot l = 4 \cdot 8,37 \cdot 24 = 803,52 \text{ кгс}$. Где n – количество ветвей – 4.

Проверяем напряжения в фундаменте.

$$\sigma = \frac{M_A \cdot h_x}{I_{пл} \cdot 2} + \frac{P_1 + P_2 + N_{зб} + G}{F_{пл}} \leq [\sigma_\phi]$$

где $I_{\bar{e}\bar{e}} = 4 \cdot 14 \cdot 14^3 / 12 + 4 \cdot 14^2 (100 - 2,02)^2 / 4 = 12805 + 1881615 = 1894420 \text{ см}^4$

$$\sigma = \frac{540000 \cdot 100}{1894420 \cdot 2} + \frac{15000 + 6000 + 5400 + 803,52}{4 \cdot 14 \cdot 14} = 48 > [\sigma_\phi] = 42 \text{ кгс/см}^2$$

Меняем размеры опорной плиты. Берем ширину 150 мм, длину 150 мм, толщину оставляем 20 мм.

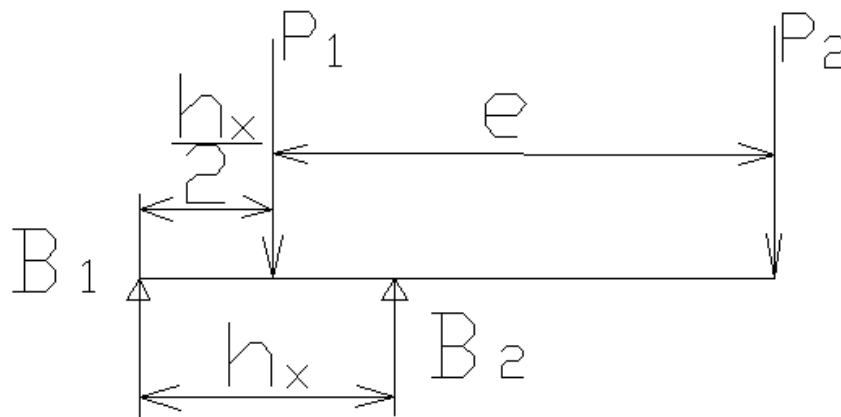
$$I_{\bar{e}\bar{e}} = 4 \cdot 15 \cdot 15^3 / 12 + 4 \cdot 15^2 (100 - 2,02)^2 / 4 = 2176893 \text{ см}^4$$

$$\sigma = \frac{540000 \cdot 100}{2176893 \cdot 2} + \frac{15000 + 6000 + 5400 + 803,52}{4 \cdot 15 \cdot 15} = 40 < [\sigma_\phi] = 42 \text{ кгс/см}^2$$

Оставляем плиту, состоящую из 4х частей $150 \cdot 150 \cdot 20 \text{ мм}$.

Сечение оголовка принимаем в виде двутавровой балки.

Расчетная схема оголовка следующая



Определяем опорные реакции:

$$B_2 = \frac{(e + 0,5h_x)P_2 + 0,5h_x P_1}{h_x}$$

$$B_2 = \frac{(90 + 0,5 \cdot 100)6000 + 0,5 \cdot 100 \cdot 15000}{100} = 15900 \text{ кг}$$

$$B_1 = P_1 + P_2 - B_2 = 21000 - 15900 = 5100 \text{ кг}$$

Для принятой расчетной схемы строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов.

$$M_1 = P_2 \cdot 0,4 \text{ м} = 6000 \text{ кг} \cdot 40 \text{ см} = 240000 \text{ кг} \cdot \text{см}.$$

$$M_2 = P_2 \cdot 0,9 \text{ м} - B_2 \cdot 0,5 \text{ м} = 6000 \text{ кг} \cdot 90 \text{ см} - 15900 \text{ кг} \cdot 50 \text{ см} = 255000 \text{ кг} \cdot \text{см}$$

Сечение оголовка принимаем в виде двутавровой балки. Определяем для нее требуемый осевой момент сопротивления.

$$W_{\text{треб}} = \frac{M}{R \frac{m}{n}} = \frac{2,55 \cdot 10^5}{2175} = 117,24 \text{ см}^3$$

Берем два двутавра, данному значению соответствует двутавр №12, у него $W_x = 58,4 \text{ см}^3$, суммарное составит $116,8 \text{ см}^3$.

В опасном сечении, там где действуют $M = 255000 \text{ кг} \cdot \text{см}$ и $Q = 9900 \text{ кг}$

Определим величины напряжений по формуле

$$\sigma_y = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma]^{+5\%}$$

$$\sigma_y = \frac{255000}{116,8} = 2183 \leq [\sigma]^{+5\%}$$

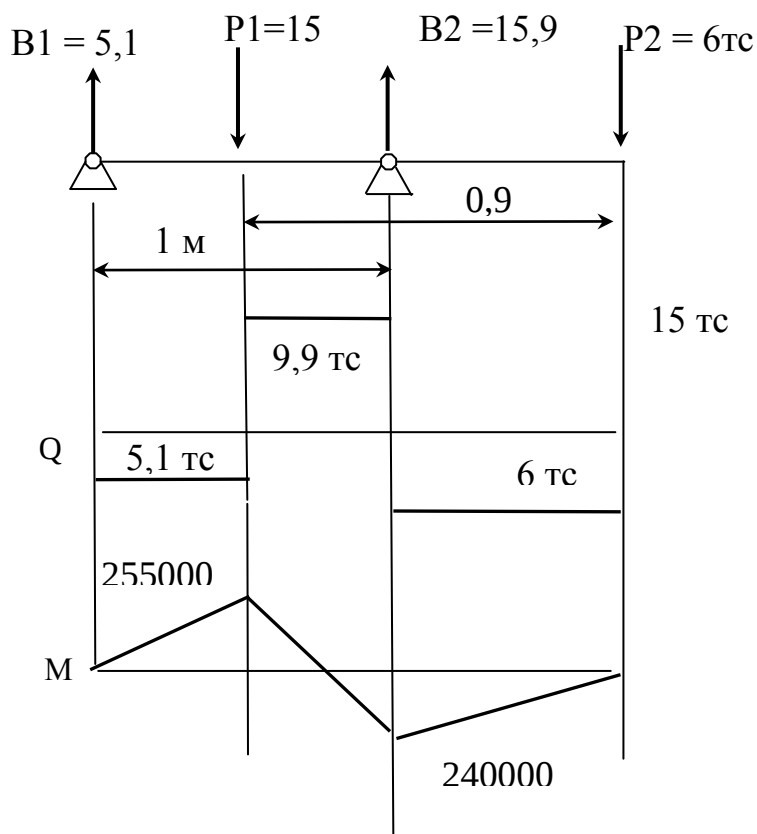
Определим величину перегруза $(2183 - 2175) \cdot 100 / 2175 = 0,33\%$ - норма.

Проверяем по касательным напряжениям.

$$\tau_Q = \frac{QS_x}{J_x d} < R_{\text{ср}} \frac{m}{n}$$

$$\tau_Q = \frac{9900 \cdot 2 \cdot 33,7}{2 \cdot 350 \cdot 0,48} = 1985 > 1700 \frac{0,9}{1,2} = 1275$$

Определим величину перегруза $(1985 - 1275) \cdot 100 / 1275 = 55\%$ - больше нормы.



$$\tau_Q = \frac{QS_x}{J_x d} < R_{cp} \frac{m}{n}$$

$$\tau_Q = \frac{9900 \cdot 2 \cdot 33,7}{2 \cdot 350 \cdot 0,48} = 1985 > 1700 \frac{0,9}{1,2} = 1275$$

Определим величину перегруза $(1985 - 1275) \cdot 100 / 1275 = 55\%$ - больше нормы.

Увеличиваем габариты двутавра, берем №16, проверяем только по касательным напряжениям, так как по нормальным двутавр №12 обеспечил прочность.

$$\tau_Q = \frac{9900 \cdot 2 \cdot 62,3}{2 \cdot 873 \cdot 0,5} = 1412 > 1700 \frac{0,9}{1,2} = 1275$$

Определим величину перегруза $(1412 - 1275) \cdot 100 / 1275 = 10\%$ - больше нормы.

Берем двутавр №18, у него $I_x = 1290$, проверяем только по касательным

напряжениям.

$$\tau_Q = \frac{9900 \cdot 2 \cdot 81,4}{2 \cdot 1290 \cdot 0,51} = 1224 > 1700 \frac{0,9}{1,2} = 1275$$

Определим величину недогруза $(1224-1275) \cdot 100 / 1275 = 3,9\%$ - норма.

Расчет оголовка завершен.

Расчет веса стойки и веса наплавленного металла сварных соединений.

Зная вес погонного метра, рассчитаем вес стойки без раскосной решетки:

$$G_1 = \approx n \cdot M_{\text{ПМ}} \cdot l = 4 \cdot 8,37 \cdot 24 = 803,52 \text{ кгс.}$$

Вес раскосной решетки, всего четыре стороны, расстояние 1,0 м между ветвями, на всю длину получится 24.

$$G_2 = n (l_{\text{рск}} + l_{\text{рск}_1}) M_{\text{ПМ}} = 24 \cdot (1,0 \cdot 2 + 0,9 \cdot 2) 8,37 = 796,17 \text{ кгс.}$$

Вес диафрагм,

$$G_3 = n \cdot l_{\text{д}} \cdot M_{\text{ПМ}} = 5 \cdot 2,69 \cdot 8,37 = 117,4 \text{ кгс.}$$

$$\text{где } l_{\text{д}} = 2 \cdot \sqrt{1,0^2 + 0,9^2} = 2,69 \text{ м}$$

Вес опорной плиты:

$$G_4 = n \delta_{\text{пл}} h_{\text{упл}} h_{\text{хпл}} \gamma, = 4 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 15 \cdot 0,008 = 14,4 \text{ кгс.}$$

Общий вес стойки:

$$G_{\text{с}} = G_1 + G_2 + G_3 = 803,5 + 796,17 + 117,4 + 14,4 = 1731,47 \text{ кгс.}$$

Вес наплавленного металла ориентировочно равен 0,5 — 1,0% веса сварной конструкции.

$$G_{\text{н}} = 17 \dots 8,6 \text{ кгс. Берем } 15 \text{ кгс.}$$

Итого:

$$G = G_{\text{с}} + G_{\text{н}} = 1746,47 \text{ кгс.}$$

1.3 Базовый технологический процесс сварки элемента мачты

Предназначенные для сварки заготовки и детали должны иметь маркировку, предоставляющую возможность установить марку материала, номер плавки, и в случае необходимости номер листа.

На заготовках и деталях, подлежащих сварке, должна быть маркировка.

Если сопроводительные сертификаты на материалы, предназначенные для изготовления ответственных изделий отсутствуют, следует провести их испытание на заводе-изготовителе изделий перед запуском в производство согласно требований стандартов, технических условий и требованиями к изделию.

При отсутствии в сопроводительных сертификатах на материалы тех показателей характеристик, которые регламентированы нормативными документами и техническими условиями, завод-изготовитель, прежде чем запустить их в производство, должен провести дополнительные испытания свойств материалов.

Если сварочные материалы предназначены для выполнения сварных соединений, к которым предъявлены требования по стойкости к межкристаллитной коррозии, следует испытать на склонность к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТ 6032-75.

Сварочные материалы, предназначенные для сварки изделий, температура эксплуатации которых превышает 350°C (кроме изделий, которые изготовлены из стабильноаустенитных сталей), в случае отсутствия указаний в сертификате или паспорте, необходимо контролировать на содержание ферритной фазы в металле шва или наплавленном металле.

Контролируются сварочные материалы. Для корпуса необходимо применять электроды в соответствии с ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10052-75. Перед сваркой электроды необходимо проверить на наличие в каждой поступающей партии сопроводительного документа, в котором должна быть указана следующая информация: название предприятия-поставщика; тип, марка и диаметр электродов; номер партии электродов и дата их изготовления; вес партии электродов; марка стали электродной проволоки; результаты проведенных испытаний; номера стандартов и т.д..

Проверяют наличие ярлыка на каждой пачке и коробке с электродами. Ярлык должен содержать следующую информацию: товарный знак

предприятия-изготовителя электродов; тип, марка, диаметр; механические свойства и химический состав наплавленного металла (согласно данным паспорта); специальные технологические свойства электродов.

Каждый ящик, содержащий пачки или коробки со сварочными электродами, необходимо снабдить ярлыком с аналогичными данными.

Хранить и готовить к работе сварочные материалы на предприятии следует в соответствии со специальными требованиями, регламентированными нормативными документами.

Если условия хранения электродов или правильность хранения нарушены, следует провести выборочную проверку электродов.

Затем производят сборку элемента радиомачты. Сборку производят на универсальном сборочном приспособлении с использованием универсальных приспособлений. Это, в основном, струбцины и зажимы. Соответствие размеров требованиям чертежа осуществляют линейкой измерительной, угольниками, рулеткой.

Затем проводится контроль собранного элемента на наличие смещений. После контроля сварщик прихватывает детали, длина прихваток 10-12 мм. Сначала прихватываются боковины. Затем производится сборка решеток раскосных, и их прихватка. Сила тока 60-90 А, напряжение на дуге 18-23 В. Затем производится сборка боковин и решеток раскосных в отправочный элемент и прихватка всего элемента в целом. По окончании прихваток сварщиком производится контроль сварных соединений и геометрии радиомачты. Затем сварщик варит сварные швы согласно чертежу. Сварку выполнять по направлению от соединений в центре отправочного элемента к его краям.

1.4 Анализ известных технических решений при сварке отправных элементов радиомачты

Основу для разработки техпроцесса сварки составляют: химический состав; свойства свариваемого металла; условия эксплуатации изделия.

Проведенный выше анализ показал, что сталь 09Г2С обладает хорошей свариваемостью, относится к первой группе. Поэтому такие способы как электронно-лучевая и другие специальные способы анализировать нецелесообразно. Указанные способы требуют для реализации конструктивно сложного и дорогостоящего оборудования. Технология сварки по указанным способам требует задействовать высококвалифицированных рабочих. Применение перечисленных способов сварки

оправдано при изготовлении узлов из специальных металлов, уникальных изделий.

Конструкция сварных соединений и толщина комплектующих не позволяют рекомендовать к применению технологии контактной сварки, которые высокопроизводительны и легко поддаются механизации и автоматизации.

Возможен вариант газопламенной сварки. Газопламенные – это виды обработки, когда обрабатываемый металл греют пламенем от сжигания газов или паров горючих жидкостей, как правило в смеси с кислородом. Температура газового пламени позволяет проводить сварку, паять, резать металл, наплавлять на деталь слой обладающий нужными свойствами, греть отдельные участки деталей для проведения локальной термообработки, правки или очистки.

В процессе газопламенной сварки кромки деталей нагревают пламенем газовой горелки до температур, превышающих температуру плавления свариваемого металла. После образования сварочной ванны производят перемещение сварочной горелки по стыку соединяемых деталей, последовательно производя его оплавление. Уже расплавленный металл, при этом, остывает, кристаллизуется и происходит образование сварного шва. Если нужно получить сварной шов с усилением, в пламя вводят присадочный пруток или проволоку. Присадочный металл расплавляется и стекает в сварочную ванну.

Достоинства данного способа: возможность сварки металла малой толщины; легко сваривать металлы, для которых необходим предварительный подогрев и замедленное охлаждение сварного шва значительно упрощается; возможность соединения широкой номенклатуры металлов, в т.ч. цветных; простое и дешевое оборудование.

Однако, в сравнении с электрической дугой, например, газовое пламя является менее сосредоточенным источником тепла. Пятно нагрева от газового пламени в 2,5...3,5 раза превышает диаметр пятна нагрева от сварочной дуги и достигает в некоторых случаях 6...8 см. Поэтому при такой же эффективной тепловой мощности, как у сварочной дуги от газового пламени в свариваемую деталь вводится через единицу площади до 8...12

раз меньшее количество тепла, чем дуги. Следовательно, чтобы разогреть металл газовым пламенем до температуры плавления, нужно больше времени, чем в случае нагрева электрической дугой, нагрев происходит медленнее. Поэтому производительность газопламенной сварки при увеличении толщин свариваемых металлов резко снижается.

При медленном нагреве, характерном для газопламенной сварки, свариваемый металл длительное время пребывает в зоне высоких температур. Это приводит к перегреву металла, и, как следствие, укрупнению зерна. Поэтому механические характеристики сварных соединений сталей (прочность, пластичность, вязкость) после газопламенной сварки ниже, чем после дуговой сварки [2].

Кроме того, большой размер зоны нагрева при сварке газовым пламенем вызывает увеличение деформации деталей, особенно тонколистовых. Это затрудняет выбор конструкций стыка деталей.

Ручная дуговая сварка получила наибольшее распространение в промышленности, рисунок 1.2. Главное ее достоинство – простое конструктивно и в эксплуатации оборудование, высокая мобильность способа, возможность сварки различных металлов и сплавов.

Главное ее достоинство – простое конструктивно и в эксплуатации оборудование, высокая мобильность способа, возможность сварки различных металлов и сплавов.

При автоматической сварке под флюса между соединяемыми деталями и плавящимся электродом возбуждают дугу, перед дугой наносят слой флюса, рисунок 1.3.

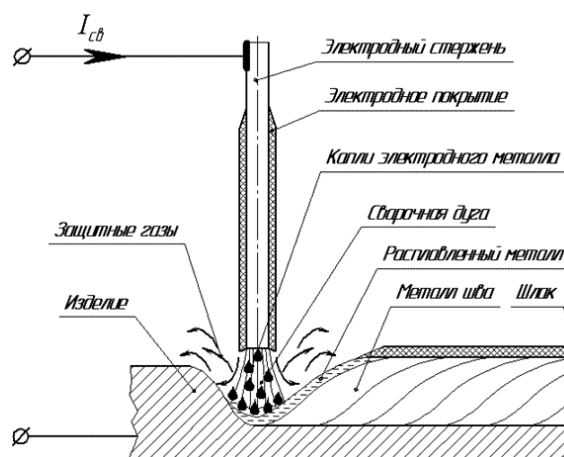


Рисунок 1.2 - Процесс ручной дуговой сварки штучными электродами

Под слоем флюса за счет тепла дуги образуется сварочная ванна и, при перемещении дуги, формируется шов. Тепло дуги, также плавит часть флюса, образуется слой жидкого шлака, который разогретые газы и пары металла оттесняют своим давлением и образуется пузырь закрывающий зону сварки. После кристаллизации шва на его поверхности происходит образование шлаковой корки. Слой флюса и шлак обеспечивают защиту зоны сварки и остывающего шва от воздуха. За счет перехода газов и неметаллических загрязнений в шлак, металл становится более чистым. Кроме того, в плавильном пространстве повышается давление за счет облегания его шлаком, происходит повышение давления в плавильном пространстве, дуга обжимается, что повышает ее эффективный КПД и проплавляющую способность.

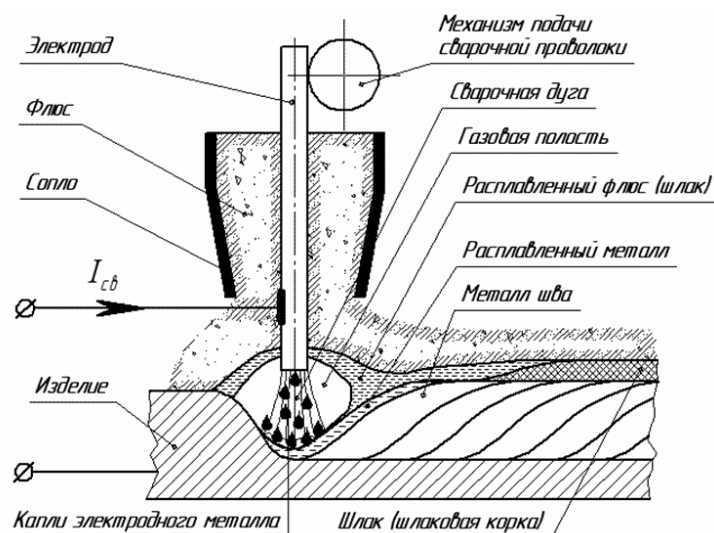


Рисунок 1.3 – Сварка под слоем флюса

Также нет разбрызгивания металла, что позволяет увеличить силу тока, по сравнению с ручной сваркой. Потери электродного металла составляют не более 2-4 %. Дугу в процессе сварки не видно, поэтому сварщик может обойтись без защитной маски и тяжелой защитной одежды [2].

Однако сварка под флюсом не лишена недостатков. Ее сложно выполнять в пространственных положениях шва, кроме нижнего потому что необходимо удерживать флюс. Сложно вести контроль процесса горения дуги и формирования шва, потому что все закрыто флюсом. Пыль флюса и пары флюса представляют опасность здоровью сварщиков. Для сварки необходимо применять сложное дорогостоящее оборудование.

Широкое распространение получила механизированная дуговая сварка в защитных газах

У данного способа существуют многочисленные разновидности, однако его главная особенность в том, что при сварке в зону факела дуги подают газ, состав которого отличается от состава воздуха, рисунок 1.4. При этом вокруг факела дуги создается среда, защищающая расплавленный основной и присадочный металл от вредного влияния воздуха.

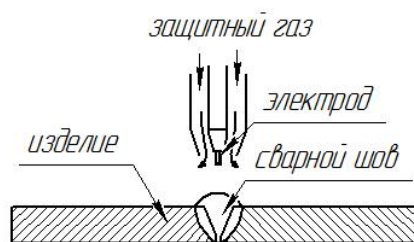


Рисунок 1.4 – Схема сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа

Применяемые на практике разновидности дуговой сварки в защитных газах многочисленны. Данный вид сварки может быть классифицирован по вариантам создания газовой защиты, по химическому составу защитного газа, по типу электрода, по роду сварочного тока, по степени механизации процесса.

Для правильного выбора состава защитной среды учитывают химический состав свариваемого металла и его свойства, толщину свариваемых кромок, используемый электрод, а также требования к сварным соединениям. Так, для сварки металлов, обладающих химической активностью используют инертные газы. Смесь инертных активных газов повышает устойчивость дуги, обеспечивает большую глубину проплавления свариваемого металла, уменьшает разбрызгивание металла в случае сварки плавящимся электродом, увеличивает скорость, а значит производительность сварки.

Из преимуществ сварки в защитных газах можно выделить следующие: высокая мобильность; высокая скорость сварки; сварку можно выполнять во всех пространственных положениях; можно соединять металл в диапазоне толщин - от миллиметра и менее до десятков миллиметров; оборудование сравнительно простое, дешевое и неприхотливое в эксплуатации; важным является экономия присадки за счет отсутствия т.н. огарка электрода.

Одним из вариантов механизации технологического процесса сварки является применение порошковой проволоки.

Порошковая проволока это непрерывный электрод, как правило трубчатой, но у него может быть более сложная конструкция, с порошкообразным наполнителем — сердечником. Сердечник может быть выполнен из смеси разнообразных минералов, руд, ферросплавов. В состав сердечника могут быть включены металлические порошки, различные химикаты и другие материалы. Компоненты сердечника, так же как и компоненты электродных покрытий защищают расплавленный металл от вредного влияния воздуха, раскисляют и легируют металл, связывают азот в стойкие нитриды, стабилизируют дуговой разряд и др. Компоненты сердечника должны еще, удовлетворять требованиям, которые предъявляются ко всем сварочным материалам: должно быть обеспечено хорошее формирование сварного шва, шлаковая корка должна легко отделяться, должен обеспечиваться провар основного металла, разбрызгивание металла должно быть минимальным, должны отсутствовать

поры, трещины, шлаковые включения и другие дефекты, требуемые механические свойства швов и сварных соединений и т. д.

Порошковые проволоки могут быть использованы для сварки без дополнительной защиты зоны сварки, способ FCAW*NG, а также для сварки в защитных газах, способ FCAW*AG в активных газах и способ FCAW*IG в инертных газах, под флюсом, электрошлаковой. Если проволоку используют для сварки без дополнительной защиты, то она называется самозащитной. Компоненты, которые входят в состав сердечника самозащитной проволоки при нагреве и расплавлении создают в дуге требуемую газовую и шлаковую защиту расплавленного металла. В настоящее время максимальное распространение получили проволоки предназначенные для сварки в углекислом газе, а, также самозащитные проволоки.

Сварка порошковой проволокой может осуществляться во всех пространственных положениях.

Для сварки порошковой проволокой характерной является высокая линейная скорость сварки, 14-20 м/час, для ручной дуговой сварки покрытыми электродами 4-8 м/час. Кроме того имеется возможность форсировать режим сварки. По сравнению с ручной дуговой сваркой производительность наплавки может быть повышена. Расход проволоки, по сравнению с РДС меньше, в среднем на 130%. Кроме того, повышается эффективность работы сварщика, так как нет необходимости останавливать процесс для смены электродов, и отпадает необходимость устранять дефекты возникающие при обрыве дуги.

Для способа характерным является высокая плотность тока, поэтому появляется возможность выплавлять дефекты в предыдущих слоях. Это уменьшает количество дефектов, снижает затраты на ремонт швов. Важным для нашего случая является возможность выполнения швов при высоких значениях скорости ветра за счет особой системы защиты капель как расплавленного металла, так и сварочной ванны.

Следует отметить простоту техники сварки порошковой проволокой. Практика показывает, что для переобучения сварщиков 5-6 разряда достаточно 10-12 дней.

К недостаткам следует отнести следующее: высокое разбрызгивание, особенно при сварке на больших токах, что требует использования специальной защиты (кожаные костюмы). Кроме того, процесс сварки сопровождается повышенным аэрозолевыделением.

1.5. Задачи работы

Анализ особенностей эксплуатации, базовой технологии изготовления мачты показывают, что она не лишена недостатков. Так сварка швов, характеризуется низкой производительностью, потому, что применяется ручная дуговая сварка. Для ручной дуговой сварки характерным является перерывы на замену электродов. Манипуляции электродом производятся сварщиком вручную, при этом производительность труда невелика, качество соединения зависит от субъективных характеристик сварщика. Кроме того, сила тока при данном виде сварки меньше, поэтому и скорость сварки меньше.

Еще одним из недостатков базового технологического процесса является то, что сборка изделия производится с использованием УСП.

Хотя давно известна и широко применяется технология механизированной сварки в среде защитных и активных газов. Применение механизированной сварки позволяет экономить присадочный металл, производительность в данном случае выше.

Таким образом, для достижения поставленной в работе цели мы должны решить следующие задачи:

1. Выбрать способ механизированной сварки радиомачты
2. Выбрать режимы техпроцесса механизированной сварки

радиомачты

3. Разработать технологический процесс сварки радиомачты
4. Разработать приспособление, обеспечивающее фиксацию деталей радиомачты при сборке под сварку и прихватке
5. Проанализирована существующая система техники безопасности сварочного участка и предложены мероприятия по ее модернизации в связи с изменившимися обстоятельствами;
6. Рассчитать экономическую эффективность.

.

2 Разработка технологии сборки и сварки радиомачты

2.1 Выбор режимов сварки

Основные параметры режима полуавтоматической сварки в среде CO_2 следующие [2]: сила сварочного тока; скорость подачи электродной проволоки; сечение электродной проволоки; напряжение на дуге; скорость перемещения сварочной горелки; расход газа.

Сначала выбираем сварочную проволоку. Проволоку необходимо подбирать так, чтобы свойства наплавленного металла и основного металла, и их химический состав совпадали.

Согласно [2] при сварке сталей 09Г2С, 09Г2, 09Г2ДТ, 09Г2Т, 10Г2С рекомендуется сварочная проволока Св-08ГС.

Режим сварки подбираем исходя из толщины свариваемого металла. Для толщины металла 3-5 мм и сварки угловых и нахлесточных швов [2] рекомендует следующие режимы сварки:

- диаметр сварочной проволоки – 1,8 мм;
- сила сварочного тока – 200-210 А
- напряжение дуги – 26-32 В
- скорость подачи электродной проволоки – 100-110 см/мин
- скорость сварки 19-23 см/мин

Для сварки угловых и нахлесточных и тавровых швов, в [2] рекомендуется следующий режим сварки для толщин 4-8 мм:

- диаметр электродной проволоки – 1,8 мм
- сила сварочного тока – 220-230 А
- напряжение сварочной дуги – 29-35 В
- скорость подачи электродной проволоки – 120-130 см/мин
- скорость сварки 20-25 см/мин
- .

2.2 Технология сборки и сварки радиомачты

Операции правки, наметки, резки, подготовки кромок, и входного контроля изменению не подлежат и переходят из базового технологического процесса (лист 17.БР.СОМДиРП.639.11.000).

Сначала производится сборка под сварку элемента конструкции -

раскосной решетки. В ячейки сборочного приспособления устанавливаем пластину, и 4 уголка, фиксируем пневмоприжимами.

После чего производим сварку швов согласно чертежа.

Режимы сварки приведены в п. 2.1.

После сварки раскосной решетки производится сборка мачты. В ячейки приспособления сборочного устанавливаем раскосные решетки, затем устанавливаем в приспособление уголки мачты. После чего на уголки, в соответствии с направляющими, устанавливаем остальные раскосные решетки, плиты базы и двутавр оголовка. На плиты базы и двутавр оголовка устанавливаем косынки и фиксируем их ручными прижимами от поперечного перемещения.

После чего производим сварку швов согласно чертежа. Режимы сварки приведены в п. 2.1 настоящей работы.

Сваренная мачта с помощью кантователя переворачивается на 180°. Производится дополнительная подсборка с оставшимися косынками и раскосами после чего производится их фиксация и сварка. Режимы сварки согласно п. 2.1.

Затем отправочный элемент подвергается контролю. На данной операции, оставляем использовавшийся в базовой технологии визуальный контроль, 100%.

Собранный и сваренный элемент мачты поступает на дальнейшие операции монтажа.

3. Выбор оборудования и проектирование оснастки

Для реализации разработанного технологического процесса сварки колонны потребуется технологическое оборудование. На участке сборки и сварки в настоящий момент имеется следующее сварочное оборудование: сварочный аппарат АСДП-500; балластный реостат РБУ-400; оборудование для ацетилено-кислородной резки; пост рентгеновского контроля, вспомогательное оборудование – электропечь для сушки сварочных материалов, стеллажи и складские помещения.

Однако, с учетом того, что решено использовать механизированную сварку в смеси газов нам понадобится полуавтомат. Полуавтомат выбираем ПДПГ-500.

Кроме того, с учетом того, что принято решение о применении сборочных приспособлений необходимо произвести их конструирование.

Приспособление разработано для фиксации подл сварку наиболее ответственных узлов отправного элемента радиомачты – раскосных решеток. Точность изготовления данных элементов лимитирует точность и собираемость отправного элемента. Общий вид приспособления показан на рисунке 3.1.

Приспособление состоит из следующих основных узлов и деталей: стоек 1, на которых установлена плита 3; кронштейнов нижних 2; кронштейнов рычага 4.

На плите 3 смонтированы призмы, на которые устанавливаются пластины и уголки раскосной решетки. К кронштейнам нижним 2 закреплены пневмоцилиндры 12. Посредством рычагов 5 пневмоцилиндры 12 прижимают пластины и уголки.

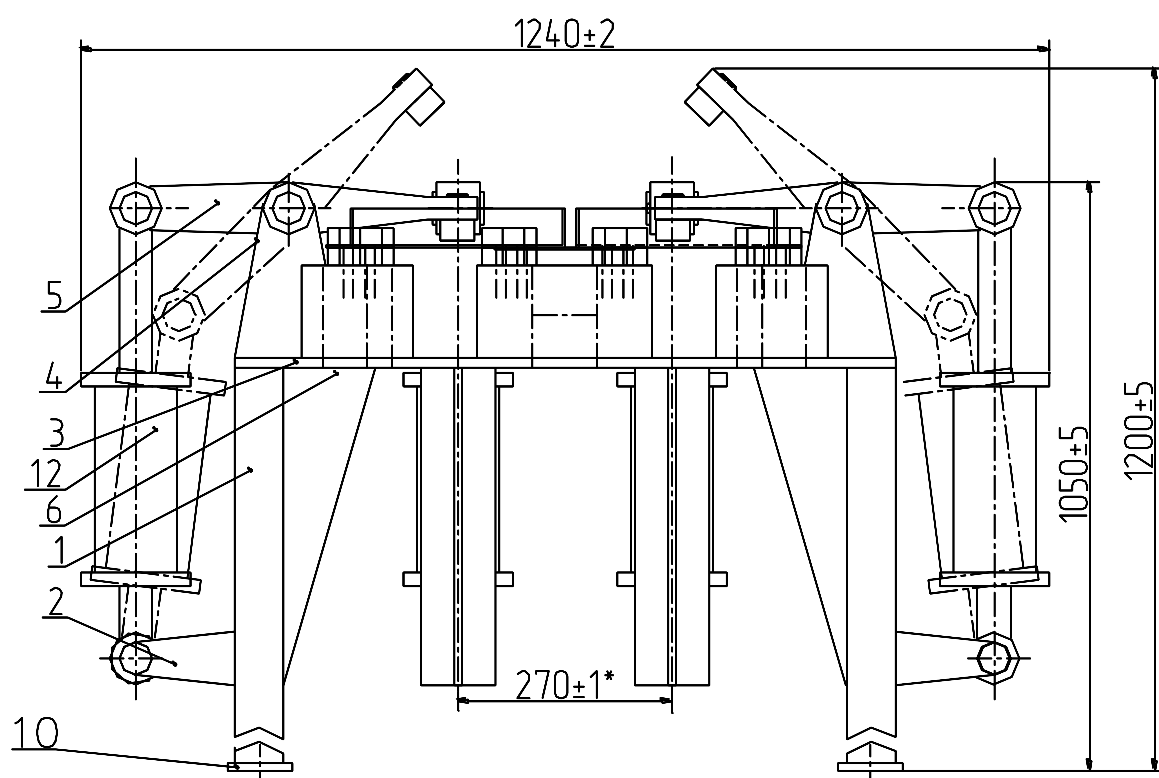


Рисунок 3.1 - Общий вид приспособления

4 Безопасность и экологичность технического объекта.

4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта.

Тема бакалаврской работы: «Технология и оборудование для сварки радиомачты».

В рамках выполнения работы предложен технологический процесс механизированной сварки радиомачты антенны радиолокатора.

На участке сборки и сварки в настоящий момент имеется следующее сварочное оборудование: сварочный аппарат АСДП-500 3; балластный реостат РБУ-400 8; оборудование для ацетилено-кислородной резки 6; пост входного контроля 1, вспомогательное оборудование – электропечь для сушки сварочных материалов 13, стеллажи и складские помещения 12. Дополнительно, для механизации процесса сварки, производится установка полуавтомата сварочного ПДПГ-500

Для производственных условий вообще характерно, как правило, наличие опасных и вредных факторов [7].

Опасным называется такой производственный фактор, при воздействии которого на работающего происходит внезапное ухудшение здоровья.

Вредным называется такой производственный фактор, при воздействии которого на работающего происходит заболевание или снижение трудоспособности [7].

Для разработанных в рамках бакалаврской работы технологических процессов характерными являются некоторые опасные и вредные производственные факторы. Их выявлению, анализу и разработке мероприятий по устранению действия на производственный персонал посвящен данный раздел бакалаврской работы.

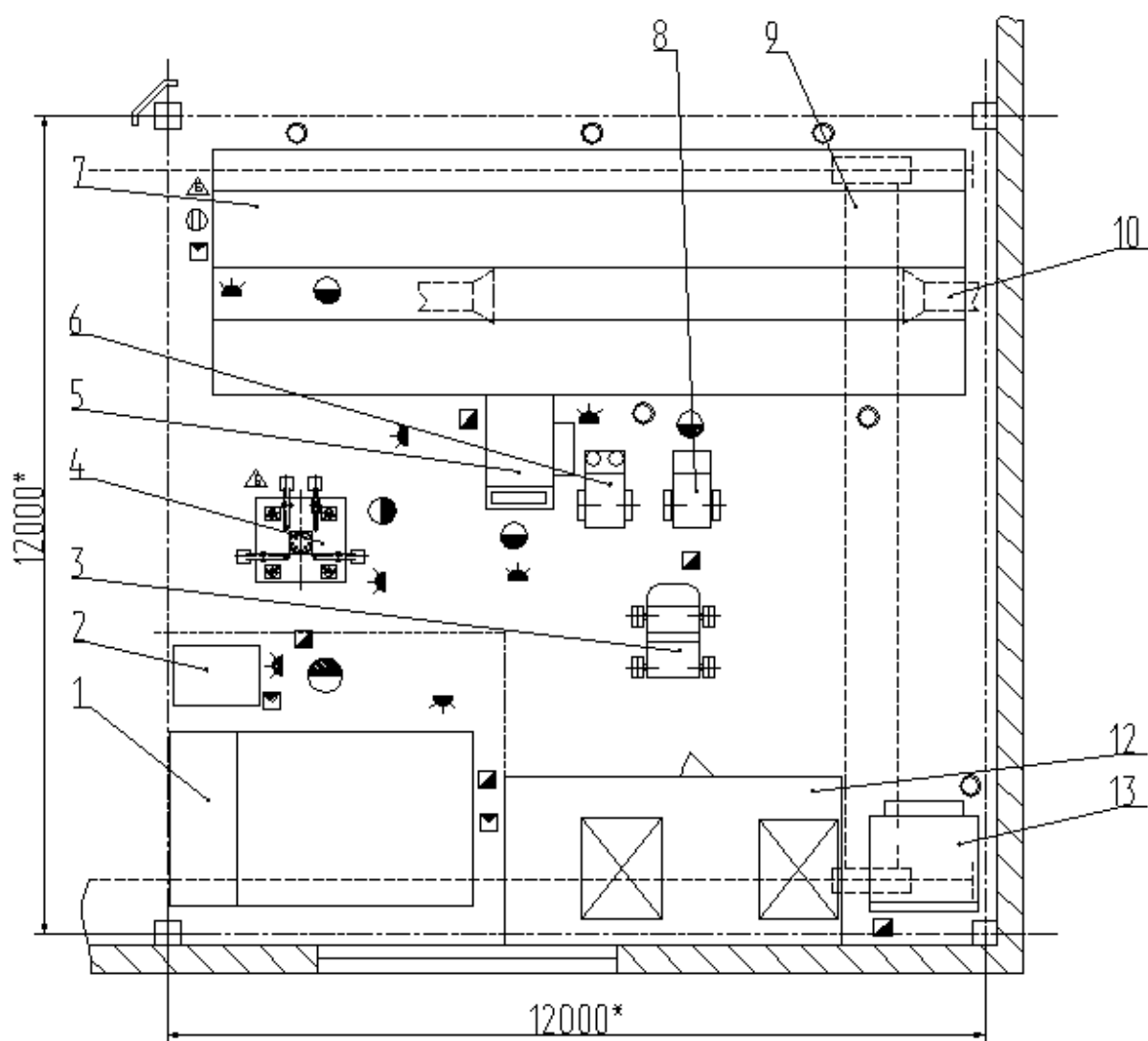


Рисунок 4.1 – Планировка участка сварки

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сварка мачты	Подготовка комплектующих, контроль, сборка, сварка	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	источник питания, полуавтомат ПДПГ-500, приспособление сборочное	Комплектующие из стали, сварочная проволока Св-08Г2С, газ углекислый

4.2 Профессиональные риски на участке.

Технологический процесс сварки рамы транспортера сопровождается с опасностями, которые вызваны разными причинами, и могут привести человека к временной или полной нетрудоспособности, в зависимости от стечения обстоятельств или интенсивности воздействия.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	Подготовка комплектующих, контроль, сборка, сварка	Физические: Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная пульсация светового потока; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура воздуха рабочей зоны; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенный уровень инфракрасной радиации; передвигающиеся изделия.	источник питания, полуавтомат ПДПГ-500, приспособление сборочное комплектующие из стали, сварочная проволока Св-08Г2С, газ углекислый

4.3. Мероприятия снижающие профессиональные риски участка сварки

Мероприятия по снижению профессиональных рисков сварочного участка предусмотрены следующие:

экспертиза условий труда и аттестация рабочих мест сварщика;

оценка состояния здоровья сварщика по результатам периодических медицинских осмотров.

Аттестация рабочих мест по условиям труда производится в Порядке, утвержденном Приказом Минздравсоцразвития России от 26.04.2011 N 342н.

4.4 Пожарная и техногенная безопасность участка сварки.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразде ление	Оборудова ние	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварки мачты	источник питания, полуавтомат ПДПГ-500, приспособле ние сборочное	пожары, связанные с воспламене нием и горением веществ и материалов электроуста новок, находящихс я под электрическ им напряжение м (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды;	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок.

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки 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.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Действия согласно плана эвакуации.	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении и начальника участка

Основой, обеспечивающей пожарную безопасность нашего предприятия, являются организационные мероприятия. Организационные мероприятия включают в себя разработку мер (правил) пожарной безопасности на предприятии (приказов, инструкций положений и т.п.).

Поэтому для борьбы с пожарами разработан комплексный план мероприятий.

. Противопожарные мероприятия предусматривают инструктажи и обучающие занятия с сотрудниками и рабочими. Назначаются ответственные лица, обеспечивающие исправность и готовность к работе всех устройств по обеспечению противопожарной безопасности.

Периодически проводятся проверки и учения с производственным персоналом.

4.5 Экологическая безопасность сварочного участка

Таблица 4.6 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта.	Воздействие технического объекта на литосферу растительного покрова и т.д.)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)
Сварка	Подготовка комплектующих, контроль, сборка, сварка	упаковка от сварочной проволоки, бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.		Мелкодисперсные частицы; сажа;

Таблица 4.7 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Фильтры в системе вентиляции участка задержат мелкодисперсные частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка различных контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов, с соответствующими надписями на них.

Заключение по разделу

Технология сборки и сварки радиомачты сопровождается опасными и вредными производственными факторами. В ходе выполнения данного раздела бакалаврской работы был проведен их анализ.

На основе сделанного анализа деланы выводы о возможности их устранения и уменьшения, которые показали, что применение на участке сварки стандартных средств техники безопасности обеспечит сохранность жизни и здоровья.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется.

5 Экономическая эффективность

Базовый вариант сварки отправного элемента радиомачты предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами. Разработан проектный вариант, который предусматривает применение ручной механизированной сварки в смеси газов проволокой Св08Г2С диаметром 1,2 мм.

Характеристика двух вариантов в таблице 5.1. Указаны недостатки базового варианта, и методы их устранения в проектном.

Таблица 5.1 – Сравнительная характеристика вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Производительность труда низкая из-за низкой скорости сварки, что обусловлено малыми величинами сварочного тока	При механизированной сварке сила тока больше и скорость сварки и производительность выше.
Большой расход электродов из-за огарков	За счет применения проволоки расход присадочного материала сокращается.
Сварщик контролирует длину дуги, подачу электрода, требуется квалифицированный рабочий.	Подача присадочного материала (проволока) механизирована, сварку успешно выполнит рабочий меньшего разряда, за счет чего экономим фонд оплаты труда.
Высокая трудоемкость сборки, так как применяется универсальное оборудование	За счет применения специализированного оборудования трудоемкость сборки меньше

5.1 Исходные данные для выполнения расчетов

В данный раздел внесем и систематизируем данные не требующие расчета, полученные на СОНИИРП, из методического руководства по расчету экономического раздела выпускных квалификационных работ, найденные в литературе и в глобальных сетях. Данные сгруппируем в таблицу 5.2

Таблица 5.2 – Исходные данные для выполнения расчетов

№ п/п	Показатель	Усл. Обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Баз.	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала: электроды МР-3; Проволока	Цэл	Руб/кг	24	36,5
2	Коэф. транспортно- заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Коэффициент доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Процент отчислений на дополнительную заработную плату	-	%	12	12
6	Коэффициент отчислений на социальные нужды	Ксн	%	34	34
7	Балансовая стоимость оборудования	Цоб	Руб	7360	42000
8	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18
9	Мощность установки	Му	кВт	4,9	5,8
10	Коэффициент полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,85
11	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,5	2,5
12	Удельный расход защитного газа	Узг	М ³ /час	-	-
13	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м ³	-	-
14	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
15	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	28	32
16	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	5	5
17	Коэффициент учитыв. затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	Кмонт	-	1,2	1,2
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
19	Коэф. цеховых расходов	Кцех	-	2,50	2,50

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
20	Нормативный коэффициент экономии экономической эффективности дополнительн. капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Годовая программа	Нпр	Шт	100	100

5.2 Расчет штучного времени

Нормы времени рассчитываем на изменяющиеся операции базового и проектного варианта технологического процесса.

Время штучное

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (5.1)$$

где $t_{маш}$ – машинное время;

$t_{всп}$ – вспомогательное время, $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания оборудования и рабочего места, $t_{обсл} = 8\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное, $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

Для базового и проектного варианта машинное время принимаем из технологической карты

$$t_{машб} = 4,4 \text{ час.}$$

$$t_{машпр} = 1,92 \text{ час.}$$

$$t_{штб} = 4,4 + 4,4 \cdot 0,1 + 4,4 \cdot 0,08 + 4,4 \cdot 0,05 + 4,4 \cdot 0,01 = 4,68 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 1,6 + 1,6 \cdot 0,1 + 1,6 \cdot 0,08 + 1,6 \cdot 0,05 + 1,6 \cdot 0,01 = 1,92 \text{ час}$$

5.3 Расчет требуемого количества оборудования

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования.

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования.

Эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{эф.}} = (D_{\text{раб.}} \cdot T_{\text{см.}} - D_{\text{пред.}} \cdot T_{\text{сокр.}}) \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п.}}) \quad , \quad (5.4)$$

где $D_{\text{раб.}}$ - количество рабочих дней в году; (250);

$T_{\text{см.}}$ - продолжительность рабочей смены, час, (8);

$D_{\text{пред.}}$ - количество предпраздничных дней в году, (8);

$T_{\text{сокр.}}$ - сокращенная рабочая смена ($T_{\text{см.}} - 1$), час;

S – количество рабочих смен, (2);

$k_{\text{р.п.}}$ - коэффициент потерь времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{\text{эф.}} = (250 \cdot 8 - 8 \cdot 7) \cdot 2 \cdot (1 - 0,06) = 3654 \text{ час.}$$

Количество оборудования, требуемого по технологическому процессу при установленной предприятием программе выпуска 100 радиомачт в год.

Требуемое количество рабочих мест (единиц оборудования), на каждую операцию составит:

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot N_{\text{пр}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot K_{\text{вн}}} \quad , \quad (5.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время изготовления, час ;

$N_{\text{пр}}$ – годовая программа, штук в год;

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, час;

$n_{\text{расч}}$ – расчетное количество мест, шт.;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения нормы, 1,1.

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{4,68 \cdot 100}{3654 \cdot 1,1} = 0,12 \text{ шт.}$$

$$n_{\text{расч.пр}} = \frac{1,92 \cdot 100}{3654 \cdot 1,1} = 0,05 \text{ шт.}$$

Принятое число рабочих мест: базовый вариант – $n_{\text{пр}} = 1$ шт, проектный вариант $n_{\text{пр}} = 1$ шт.

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) составит

$$K_3 = n_{\text{расч}} / n_{\text{пр}} \quad , \quad (5.6)$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетное количество оборудования;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество оборудования.

$$K_{3б} = 0,12/1 = 0,12 ,$$

$$K_{3п} = 0,05/1 = 0,05.$$

Определив коэффициент загрузки, принимаем число основных рабочих два в базовом варианте и в проектном.

5.4 Расчет капитальных вложений

Определяем капитальные вложения для базового варианта.

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot \text{Ц}_{\text{ОББ}} \cdot K_{3б}, \quad (5.7)$$

где $\text{Ц}_{\text{ОББ}}$ – остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы, руб;

n – количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы;

K_3 – коэффициент загрузки оборудования.

$$\text{Ц}_{\text{ОББ}} = \text{Ц}_{\text{ПЕРВ}} - (\text{Ц}_{\text{ПЕРВ}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_A / 100), \quad (5.8)$$

где $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ}}$ – стоимость приобретения оборудования, руб – 16000 по данным предприятия;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы оборудования на момент выполнения дипломного проекта, лет – 3 года по данным предприятия;

N_A – норма амортизации оборудования.

$$\text{Ц}_{\text{ОББ}} = 16000 - (16000 \cdot 3 \cdot 18 / 100) = 7360 \text{ рублей.}$$

$$K_{\text{ОБЩБ}} = 1 \cdot 7360 \cdot 0,775 = 5704 \text{ рублей.}$$

Капитальные затраты по проектному варианту.

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБ.ПР}} + K_{\text{ПЛ.ПР}} + Z_{\text{СОП.ПР}}, \quad (5.9)$$

где $K_{\text{ОБ.ПР}}$ – капитальные вложения в оборудование, руб;

$K_{\text{ПЛ.ПР}}$ – капитальные вложения в дополнительные площади, руб;

$Z_{\text{СОП.ПР}}$ – сопутствующие капитальные затраты, руб.

$$K_{\text{ОБ.ПР}} = n \cdot \text{Ц}_{\text{ОБПР}} \cdot K_{Т-З} \cdot K_{3пр}, \quad (5.10)$$

где $\text{Ц}_{\text{ОБ.ПР}}$ – стоимость приобретения нового оборудования, руб;

$K_{Т-З}$ – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы на доставку оборудования;

n – количество единиц оборудования;

$K_{зпр}$ – коэффициент загрузки оборудования по проектному варианту.

$$K_{ОБ.ПР} = 1 \cdot 42000 \cdot 1,05 \cdot 0,67 = 29547 \text{ рублей,}$$

$$K_{ПЛ.ПР} = C_{ПЛ} \cdot (S_{ПР} - S_{Б}) \cdot K_{зпр}, \quad (5.11)$$

где $S_{ПР} - S_{Б}$ – дополнительная площадь по проектному варианту, m^2 ;

$C_{ПЛ}$ – стоимость приобретения площади, руб/ m^2 ;

$K_{зпр}$ – коэффициент загрузки по проектному варианту.

$$K_{ПЛ.ПР} = 3000 \cdot (32 - 28) \cdot 0,325 = 3900 \text{ руб.},$$

$$З_{СОП} = З_{ДЕМ} + З_{МОНТ} \quad (5.12)$$

где $З_{ДЕМ}$ – затраты на демонтаж базового оборудования, руб;

$З_{МОНТ}$ – затраты на монтаж оборудования, руб.

$$З_{ДЕМ} = n \cdot C_{ОБ.Б} \cdot K_{ДЕМ}, \quad (5.13)$$

где $K_{ДЕМ}$ – коэффициент, учитывающий затраты на демонтаж.

$$З_{ДЕМ} = 1 \cdot 7360 \cdot 0,2 = 1472 \text{ рублей,}$$

$$З_{МОНТ} = n \cdot C_{ОБ.ПР} \cdot K_{МОНТ} / 100, \quad (5.14)$$

где $K_{МОНТ}$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж проектного оборудования.

$$З_{МОНТ} = 1 \cdot 42000 \cdot 0,2 = 8400 \text{ рублей,}$$

$$З_{СОП} = 1472 + 8400 = 9872 \text{ рублей.}$$

Определяем капитальные вложения для проектного варианта:

$$K_{ОБЩПР} = 29547 + 3900 + 9872 = 43319 \text{ рублей.}$$

Дополнительные капитальные вложения

$$K_{ДОП} = K_{ОБЩПР} - K_{ОБЩБ}, \quad (5.15)$$

$$K_{ДОП} = 43319 - 5704 = 37615 \text{ рублей.}$$

Удельные капитальные вложения

$$K_{УД} = K_{ОБЩ} / N_{ПР}, \quad (5.16)$$

где $N_{ПР}$ – годовая программа выпуска, шт/год.

Для базового варианта:

$$K_{уд.б} = K_{общ.б} / N_{пр} = 5704 / 100 = 57,04 \text{ рублей.}$$

Для проектного варианта

$$K_{уд.пр} = K_{общ.пр} / N_{пр} = 43319 / 100 = 376,15 \text{ рублей.}$$

5.5 Определение технологической себестоимости

Технологическую себестоимость рассчитываем только по изменяющимся операциям технологического процесса. В данном случае изменения коснулись операции сварки.

Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на электроды (в базовом варианте)

$$З_{элб} = M_{элб} = C_{эл} \cdot Н_{св.мат}; \quad (5.17)$$

где $C_{эл}$ – цена электродов, руб/кг;

$Н_{св.мат}$ = норма расхода электродов, кг.

Норма расхода электродов принимается из технологических карт

$$Н_{св.мат} = 7,839 \text{ кг,}$$

$$M_{элб} = 24 \cdot 7,839 = 188,13 \text{ рублей}$$

Расходы на электродную проволоку (проектный вариант)

$$З_{элпр} = C_{эл} \cdot Н_{свмат}; \quad (5.20)$$

где $C_{эл}$ – цена электродной проволоки, руб/кг;

$Н_{свмат}$ = норма расхода электродной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки принимается из технологических карт

$$Н_{р_{свмат}} = 7,482 \text{ кг,}$$

$$M_{пр} = M_{элпр} = 36,5 \cdot 7,482 = 273,43 \text{ рублей}$$

Расчет затрат на электроэнергию выполним исходя из полезной мощности оборудования:

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{\eta \cdot 60} \cdot C_{э-э}, \quad (5.26)$$

где $P_{об} = I_{св} \times U_o$ – полезная мощность оборудования кВт;

t_o – основное (машинное) время работы сварочного оборудования;

η – коэффициент полезного действия оборудования;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А; $U_{д}$ – напряжение на дуге, В.

$$P_{об.б} = 170 \cdot 26 = 4900 \text{ Вт} = 4,9 \text{ кВт};$$

$$P_{об.пр} = 210 \cdot 27 = 5800 \text{ Вт} = 5,8 \text{ кВт}.$$

$$З_{э-э б} = \frac{4,9 \cdot 4,4}{0,8 \cdot 60} \cdot 2,5 = 77 \text{ рублей}$$

$$З_{э-э пр} = \frac{5,8 \cdot 1,6}{0,8 \cdot 60} \cdot 2,5 = 27,29 \text{ рублей}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию сварочного и иного оборудования, инструмента, производственной площади.

Затраты на амортизацию оборудования

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot \text{шт} \cdot H_a}{\Phi_p \cdot 60 \cdot 100}, \quad (5.28)$$

где $C_{об}$ – балансовая стоимость используемого сварочного оборудования, руб;

H_a – норма амортизационных отчислений на оборудование, %;

шт – штучное время.

$$A_{обб} = \frac{7360 \cdot 4,4 \cdot 18 \cdot 1}{3654 \cdot 100} = 1,41 \text{ руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{42000 \cdot 1,6 \cdot 18 \cdot 1}{3654 \cdot 100} = 2,94 \text{ руб}$$

Расчет затрат на текущий ремонт оборудования:

$$P_{т.р.} = \frac{C_{об.} \cdot H_{т.р.} \cdot k_3}{100 \cdot \Phi_p} \quad (5.29)$$

где $H_{т.р.}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, 35%.

$$P_{т.р.б} = \frac{7360 \cdot 35 \cdot 0,12}{100 \cdot 3654} = 0,08 \text{ руб.}$$

$$P_{т.р.пр} = \frac{42000 \cdot 35 \cdot 0,05}{100 \cdot 3654} = 0,2 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию площадей

Расчет амортизационных отчислений на производственные площади.

$$З_{пл\text{ощ}} = \frac{Ц_{пл} \cdot S_{nn} \cdot t_{шт} \cdot Н_{пл}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (5.30)$$

где Ц_{пл} – цена 1 м² производственных площадей;

S – площадь, необходимая для выпуска изделий, м²;

Н_{пл} – амортизационные отчисления на площади, %.

Базовый вариант

$$З_{пл\text{ощб}} = \frac{3000 \cdot 28 \cdot 5,456 \cdot 2}{3654 \cdot 100} = 5,57 \text{ руб}$$

Проектный вариант

$$З_{пл\text{ощпр}} = \frac{3000 \cdot 32 \cdot 2,424 \cdot 2}{3654 \cdot 100} = 2,83 \text{ руб.}$$

Расходы на заработную плату рабочих и отчисления на социальные нужды.

Расходы на основную заработную плату.

$$ЗП_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.31)$$

где С_ч – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

k_{зпл} – коэффициент начислений на основную заработную плату;

t_{шт} – норма штучного времени, час

$$ЗП_{\text{оснб}} = 4,4 \cdot 74,89 \cdot 1,88 = 619,49 \text{ рублей}$$

$$ЗП_{\text{оснпр}} = 1,6 \cdot 53,16 \cdot 1,88 = 159,90 \text{ рублей}$$

Расходы на дополнительную заработную плату

$$ЗП_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot ЗП_{\text{осн}} \quad (5.32)$$

где k_д – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой.

$$ЗП_{\text{допб}} = 619,49 \cdot 12 / 100 = 74,33 \text{ рублей}$$

$$ЗП_{\text{доппр}} = 159,90 \cdot 12 / 100 = 19,18 \text{ рублей}$$

Фонд зарплаты

$$ФЗП = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} \quad (5.33)$$

$$\PhiЗПб = 619,49 + 74,33 = 693,82 \text{ рублей}$$

$$\PhiЗПпр = 159,90 + 19,18 = 179,08 \text{ рублей}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{CH} = \PhiЗП \cdot H_{COЦ} / 100 \quad (5.34)$$

где $H_{COЦ}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, %.

$$O_{CHб} = 693,82 \cdot 30 / 100 = 235,89 \text{ рублей}$$

$$O_{CHпр} = 179,08 \cdot 30 / 100 = 60,88 \text{ рублей}$$

Технологическую себестоимость рассчитаем как сумму всех затрат

$$C_{TEХ} = 3M + 3_{Э-Э} + 3_{OB} + 3_{ПЛ} + \PhiЗП + O_{CH} \quad (5.35)$$

$$C_{TEХб} = 188,13 + 693,82 + 235,89 + 77 + 1,41 + 0,08 + 5,57 = 1268,75 \text{ рублей}$$

$$C_{TEХпр} = 273,43 + 179,08 + 60,88 + 27,29 + 2,94 + 0,2 + 2,83 = 577,88 \text{ рублей}$$

5.6 Определение цеховой себестоимости

$$C_{ЦEX} = C_{TEХ} + P_{ЦEX} \quad (5.36)$$

где $P_{ЦEX}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{ЦEX} = k_{ЦEX} \cdot 3_{OCH} \quad (5.37)$$

где $k_{ЦEX}$ – коэффициент цеховых расходов;

3_{OCH} – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{ЦEXб} = 1268,75 + 619,49 \cdot 2,5 = 1268,75 + 1548,72 = 2817,47 \text{ рублей}$$

$$C_{ЦEXпр} = 577,88 + 159,90 \cdot 2,5 = 577,88 + 399,75 = 977,63 \text{ рублей}$$

5.7 Определение заводской себестоимости

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦEX} + P_{ЗАВ} = C_{ЦEX} + k_{ЗАВ} \cdot 3_{OCH}, \quad (5.38)$$

где $P_{ЗАВ}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{ЗАВ}$ – коэффициент общезаводских расходов, %

$$C_{ЗАВб} = 2817,47 + 619,49 \cdot 1,88 = 2817,47 + 1331,9 = 4149,37 \text{ рублей}$$

$$C_{ЗАВпр} = 977,63 + 159,90 \cdot 1,88 = 977,63 + 343,78 = 1321,41 \text{ рублей}$$

5.8 Калькуляция себестоимости

Результаты расчетов себестоимости представим в виде таблицы 5.3

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости сварки радиомачты

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			Баз.	проектн.
1	Материалы	М	188,13	273,43
2	Заработная плата	ФЗП	693,82	179,08
3	Отчисления на социальные нужды	Осн	235,89	60,88
4	Расходы на оборудование	Зоб	78,41	30,23
5	Расходы на площади	Зпл	72,5	34,26
	Себестоимость технологическая	Стех	1268,75	577,88
6	Расходы цеховые расходы		1548,72	399,75
	Себестоимость цеховая	Сцех	2817,47	977,63
7	Расходы заводские		1331,9	343,78
	Себестоимость заводская	Сзав	4149,37	1321,41

5.9 Экономическая эффективность проекта

Расчет условно-годовой экономии от снижения себестоимости

$$\mathcal{E}_{у.г.} = \text{ПРОЖ} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot \text{Нпр} \quad (5.39)$$

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (4149,37 - 1321,41) \cdot 100 = 282796 \text{ рублей}$$

Расчет годового экономического эффекта

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{\text{ЗАВБ}} + E_H \cdot K_{\text{УДБ}}) - (C_{\text{ЗАВПР}} + E_H \cdot K_{\text{УДПР}})] \cdot \text{Нпр} \quad (5.40)$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_Г &= [(4149,37 + 0,33 \cdot 57,04) - (1321,41 + 0,33 \cdot 433,19)] \cdot 100 = \\ &= 270383 \text{ рублей} \end{aligned}$$

Расчет срока окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{ПРОБЩ}}}{\mathcal{E}_{у.г.}} \quad (5.41)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{43319}{282796} \approx 0,15 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{сп}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,15 = 6,67. \quad (5.42)$$

Снижение трудоемкости сварки изделия

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.43)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{5,456 - 2,424}{5,456} \cdot 100\% = 55\%$$

Производительность труда

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.44)$$

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot 55}{100 - 55} = 122\%$$

Заключение по разделу

За счет внедрения оборудования обеспечивающего более высокую скорость сварки произошло снижение трудоемкость в проектном варианте на 45%. Повышение производительности труда составило 84%.

Для внедрения результатов работы потребуются капитальные вложения в размере 18480 руб. Они окупятся, примерно, за 0,5 года. Более производительное оборудование позволит получить годовой экономический эффект в размере 43691 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ конструкции радиомачты, условий ее эксплуатации, базовой технологии сварки показал, что узким местом технологического процесса является низкая степень механизации. Предложено использовать механизированную сварку в среде защитных г азов.

Для механизации предложено использовать механизированную сварку в среде защитных газов.

Поскольку решено использовать механизированную сварку в смеси газов понадобилось подобрать новый источник питания.

Разработано сборочное приспособление.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
3. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
4. Пейсахов А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
5. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
6. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
7. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
8. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
9. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
10. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.

11. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.
12. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
13. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
14. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
15. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
16. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
17. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
18. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
19. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
20. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
21. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
22. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.

23. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
24. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
25. Источники питания для сварки: учеб.-метод.пособие / В. О. Харламов; ВолгГТУ. –Волгоград, 2016.–52 с.