

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

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

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование изготовления навеса для автомобиля

Обучающийся

С.А. Курбан
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ст. преподаватель, П.Н. Селянин
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.т.н., доцент, Д.А. Романов
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2025

Аннотация

Тема дипломного проекта: «Технология и оборудование изготовления навеса для автомобиля».

Структура работы содержит: пояснительную записку 1 страницу, вступительный раздел 3 страницы, 5 глав, 66 рисунков, 42 таблицы, а также перечень из 27 литературных источников, включая 6 иностранных публикаций.

Цель нашего исследования состоит в целесообразном проектировании технологического процесса изготовления навеса для автомобиля и повышении производительности и качества выполняемых работ.

Объектом дипломной работы является технологический процесс изготовления навеса из конструкционных сталей Ст3сп, Ст3, 09Г2С.

Сталь данных марок получили широкое распространение в различных отраслях промышленности, благодаря удачному сочетанию эксплуатационных характеристик и доступности.

Каждая группа специальных сталей и сплавов имеет свои особенности сварки, связанные со специфической реакцией материалов этой группы на воздействие термомеханического цикла сварки. В случае изготовления конструктивных элементов навеса в серийном или крупносерийном производстве стоит определить способ сварки для повышения производительности производства и качества выполняемых работ.

Анализ преимуществ возможных способов сварки и их воздействия на материал позволил обосновать применение механизированной сварки сплошной проволокой в газовой среде вместо ручной дуговой сварки.

Механизированный способ сварки является высокопроизводительным, по сравнению с ручным, вместо электродов - сварочная проволока из катушки, проволока подается в зону сварки автоматически, регулируя скорость подачи проволоки. Защитный газ из баллона обеспечивает защиту сварочной ванны, а отсутствие шлака сокращает трудоемкость зачистки.

Abstract

The topic of the graduation project is "Technology and equipment for manufacturing a carport."

The structure of the work contains: an explanatory note of 1 page, an introductory section of 3 pages, 5 chapters, 66 figures, 42 tables, as well as a list of 27 literary sources, including 6 foreign publications.

The purpose of our research is to appropriately design the manufacturing process for a carport and improve the productivity and quality of the work performed.

The object of the thesis is the technological process of manufacturing a canopy made of structural steels St3sp, St3, 09G2S.

These grades of steel are widely used in various industries due to their successful combination of performance and accessibility.

Each group of special steels and alloys has its own welding characteristics related to the specific reaction of the materials in this group to the effects of the thermomechanical welding cycle. In the case of the manufacture of canopy structural elements in serial or large-scale production, it is worthwhile to determine the welding method to increase production productivity and the quality of the work performed.

An analysis of the advantages of possible welding methods and their effects on the material made it possible to justify the use of mechanized solid wire welding in a gaseous medium instead of manual arc welding.

The mechanized welding method is high-performance compared to the manual one. Instead of electrodes, a welding wire from a coil is used, the wire is fed into the welding zone automatically by adjusting the wire feed rate. The protective gas from the cylinder protects the welding bath, and the absence of slag reduces the complexity of stripping.

Оглавление

Введение.....	6
Глава 1 Аналитический обзор об изготовлении навесов	9
1.1 Конструкция навеса и конфигурация навесов по форме кровли.....	9
1.1.1 Классификация ферм и дефектов.....	15
1.1.2 Сведение о материале навеса.....	21
1.2 Базовая технология изготовления	24
1.3 Проектная технология изготовления	28
1.4 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах и смесях.....	32
1.5 Зависимость защитной среды к образованию напряжений.....	35
Глава 2 Последовательность изготовления навеса.....	40
2.1 Выбор материалов и заготовительные операции	40
2.2 Оборудование для сварки и настройка режимов.....	47
2.3 Технология изготовления и сварки навеса.....	51
Глава 3 Расчёт конструкции навеса.....	67
3.1 Расчет снеговой нагрузки.....	67
3.2 Расчет ветровой нагрузки.....	68
3.3 Подбор профилированного настила для навеса	69
3.4 Расчет подбора стойки.....	71
3.5 Расчет подбора ферм навеса	72
Глава 4 Безопасности и экологичности технологического процесса изготовления навеса.....	76
4.1 Описание технологической характеристики сооружения	76
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	78
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	79

4.4 Обеспечение пожарной безопасности	82
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	86
Глава 5 Оценка экономической эффективности технологии	90
5.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки.....	90
5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	92
5.3 Расчёт штучного времени	93
5.4 Расчёт заводской себестоимости базовой и проектной технологии	95
5.5 Капитальные затраты базовой и проектной технологии	100
5.6 Показатели экономической эффективности изготовления	103
Заключение	106
Список используемой литературы и используемых источников.....	108
Приложение	111

Введение

«В настоящее время в России производится более 1500 марок легированных сталей и большое количество сплавов на основе цветных металлов – алюминия (Al), титана (Ti) и других, при этом около 80% стали расходуется на производственно-эксплуатационные нужды, 20% – на капитальное строительство» [19].

Краткий исторический обзор развития металлических конструкций

Первое знакомство человечества с железом произошло около четырех тысячелетий назад, когда оно использовалось в виде метеоритного металла.

Использование железа в орудиях труда и военных целях началось в XVII веке до нашей эры, когда была освоена технология извлечения металла из руд. Кривая технология появилась на Кавказе, а затем распространилась в страны Европы: Греция познакомилась с ней в XI веке до н.э., а к V веку она получила широкое распространение. Средневековые мастера ограничивались применением железа для отдельных элементов монументальных сооружений, таких как затяжки или скрепы.

Прорыв в технологии обработки металлов произошел в XIII веке в Германии с изобретением доменного способа производства чугуна, что позволило использовать этот материал в сжатых элементах конструкций. В XVIII веке металл стал основным сырьем для строительства, что было продемонстрировано созданием первого чугунного арочного моста через реку Северн в Англии в 1779 году.

Интенсивное развитие металлических конструкций произошло в первой половине XIX века, когда технический прогресс в металлургии совпал с необходимостью возведения крупных промышленных зданий и транспортных сооружений. Наиболее значимыми примерами того времени являются Николаевский мост в Санкт-Петербурге с уникальными арочными конструкциями, а также "Хрустальный дворец" в Лондоне, построенный по смешанному каркасному принципу.

Изобретение конвертерного и мартеновского методов выплавки железа во второй половине XIX века обеспечило развитие современной стали как главного строительного материала. Её универсальность и надежность позволили перекрывать пролеты огромной длины, например, висячая система длиной 1930 м на мосту Ахаши-Кайкко в Японии является знаковым достижением.

В строительных конструкциях различного назначения и технических устройства, выпускаемых современной промышленностью, всё шире и шире используются стали и сплавы, отнесённые к группе специальных, т.е. предназначенных для работы в особых условиях эксплуатации.

Каждая группа специальных сталей и сплавов имеет свои особенности сварки, связанные со специфической реакцией материалов этой группы на воздействие термомеханического цикла сварки.

«Создание специальных сталей и сплавов потребовалось из-за неблагоприятных условий работы сварных конструкций, свойственных ряду современных отраслей: строительству, автомобилестроению, нефтяной и газовой промышленности, энергетике (в том числе и атомной), металлургии, химической промышленности, аэрокосмической технике» [19].

Актуальность темы заключается в правильном подборе сварочного и вспомогательного оборудования, в выборе сварочных материалов, и разработке технологического процесса изготовления навеса для автомобиля из конструкционной стали, важно учесть специфические особенности свариваемости этой стали. В связи с этим необходимо, в процессе подготовки сварной конструкции иметь чёткое представление об особенностях свариваемости применяемых материалов и способах сборки.

В случае изготовления конструктивных элементов навеса в серийном или крупносерийном производстве стоит определить способ сварки для повышения производительности производства и качества выполняемых работ.

На основании темы и её актуальности была составлена цель выпускной квалификационной работы.

Цель выпускной квалификационной работы – состоит в целесообразном проектировании технологического процесса изготовления навеса для автомобиля и повышении производительности и качества выполняемых работ.

Для решения данной цели были составлены следующие задачи:

- проанализировать дефекты, связанные со сваркой конструкции,
- подобрать сварочное и вспомогательное оборудование,
- применить рациональный подбор материала и подготовку под сборку и сварку,
- произвести расчет нагрузок на конструкцию навеса,
- составить технологический процесс изготовления навеса.

Глава 1 Аналитический обзор об изготовлении навесов

1.1 Конструкция навеса и конфигурация навесов по форме кровли

Для удобного использования автомобиля за пределами города люди обращаются к выбору и проектированию гаражей или навесов, которые обеспечивают защиту от неблагоприятных погодных условий, включая снег, град и дождь, а также защищают автомобиль от вредного воздействия солнечных лучей на его покрытие.

Навес представляет собой открытое строение, которое требует меньших инвестиций в материалы по сравнению с гаражом; в настоящее время стоимость стройматериалов значительно возросла, и поиск необходимых компонентов для строительства может занять много времени и денег, что делает навес более предпочтительным и доступным решением для владельцев автомобилей.

Отсутствие стен, дверей или ворот значительно снижает затраты на строительство и установку, а также отсутствие стен у навеса помогает предотвратить коррозию автомобиля. Поскольку пространство остается открытым, конденсат, образующийся при охлаждении машины после поездки, быстро испаряется, что предотвращает вредное воздействие влаги на кузов и способствует сохранению лакокрасочного покрытия.

При условии, что под навесом хранится только автомобиль, его недостатков не так уж и много, однако использование навеса в качестве склада для различных материалов, инструментов и электрооборудования не является хорошей идеей из-за воздействия осадков и сильных ветров.

Гараж, в свою очередь, представляет собой закрытую и более утепленную конструкцию, обладающую рядом преимуществ перед навесом: улучшенная безопасность автомобиля, дополнительное пространство для

небольшой мастерской или хранения инструментов, увеличение стоимости недвижимости, а также защита от любых видов осадков.

Конструкция навеса состоит из следующих основных элементов:

1. Опорные столбы (колонна, стойка) представляют собой вертикальные фрагменты между двумя поясами. Испытывают на себе основную нагрузку и передают ее основанию.

2. Ригель это горизонтальная часть опорной конструкции, связывающий вертикальные опорные столбы. Нагрузка на элемент оказывается только на растяжение, в большинстве берётся одинакового сечения, что и опорные стойки.

3. Фермы это жесткая неизменяемая геометрически конструкция, состоящая из системы стержней и стоек, соединенных в узлы.

Ферма состоит из двух поясов:

– верхний пояс изготавливается из ломаной наклонной балки или радиусной балки, к которой крепятся или приваривается верхние узлы обрешетки. Работает на сжатие.

– нижний пояс состоит из горизонтальной продольной балки, к которой фиксируют нижние соединительные узлы стойки. Работает на растяжение.

4. Узлы (панели) это точки на верхнем и нижнем поясе, где соединяются раскосы. Расстояние между соседними узлами поясов называют панелью, а дальность между опорами обозначается – пролетом.

5. Обрешетка состоит из отдельных элементов конструкции, которые располагают перпендикулярно на стропильные фермы, после фиксируются там за счет сварки либо узловых креплений. Обрешетка поддерживает и укрепляет листы, обеспечивая прочность и устойчивость каркаса.

6. Кровельный материал служит настилом для навеса, обеспечивает защиту от погодных осадков и световых лучей.

7. Раскосы связывают углы верхнего и нижнего пояса друг с другом. Работают на сжатие и растяжение. Бывают небольшие раскосные связи в виде

решёток, расположенных между стойками, на которые не действует нагрузка сверху, работая на сжатие и растяжение (рисунок 1).

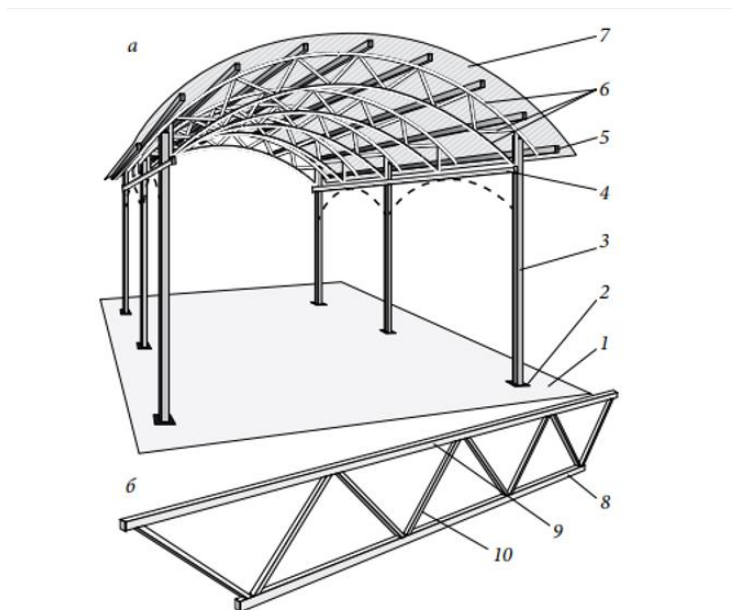


Рисунок 1 – Схема конструкции навеса: а - общий вид, б - схема фермы; 1- основание; 2 - пятки; 3 - опорные стойки; 4 - балка; 5 - обрешётка; 6 - ферма арочная; 7 - настил навеса; 8 - нижний пояс; 9 - верхний пояс; 10 - раскосная решётка фермы.

В настоящее время фермы широко применяются в строительстве навесов для автомобилей, открытых ангаров и арочных сооружений, например в парках, они позволяют эффективно решать задачу устройства несущих конструкций.

Фермы ценны тем, что их применение снижает расход конструкционных материалов в разы, уменьшается вес несущих элементов при перекрытии крупных пролётов.

Основной целью использования ферм является экономия материалов и облегчение конструкций.

Конфигурация навесов по форме кровли

В наиболее простом исполнении, состоящем, из четырёх столбов и листа металла или поликарбоната конструкция может не выдержать нагрузки

большого объема снега или крупного осадка ледяного града, поэтому кровля должна быть с небольшим уклоном. На практике навесы или гаражи для автомобилей изготавливают из большого количества форм кровли, наиболее применяемые разновидности кровли:

1. Полуарочная конструкция навеса



Рисунок 2 – Полуарочный навес

У такого навеса одна сторона выше, чем другая и имеет наклон кровли. Обычно такие конструкции пристраивают к дому и редко выполняются как отдельностоящие. У данных навесов есть своя сложность при строительстве, так как опорные стойки на разных уровнях, тем самым это требует точного расчёта радиуса изгиба и объёма подготовительных работ.

2. Вогнутая конструкция навеса

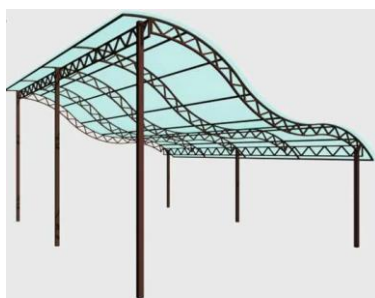


Рисунок 3 – Вогнутая конструкция навеса

Вогнутая конструкция навеса представляет собой одну из разновидностей арочных навесов, является сложной конструкцией, благодаря

своей форме навес не позволяет снегу накапливаться, а дождевые потоки с лёгкостью стекают с поверхности.

3. Односкатная конструкция навеса



Рисунок 4 – Односкатный навес

Односкатная конструкция навеса, бывает отдельностоящей или пристроенным к дому, представляет собой конструкцию с одной плоскостью, наклоненной под углом от 10° до 30° . Чем меньше угол наклона, тем больше скапливается на поверхности листвы и снега. Односкатные навесы обычно поддерживаются двумя опорами, в то время как противоположный край крепиться к стене дома или сооружения.

4. Двускатная конструкция навеса



Рисунок 5 – Двускатный навес

Двухскатные кровли представляют собой конструкции, состоящие из двух отдельных плоскостей, соединенных под углом $35-45^{\circ}$.

Навес с двускатной кровлей зачастую продолжает архитектурное повторение дома с формой и цветовой гаммой. Стоимость изготовления двускатных навесов значительно выше, чем у стандартных арочных навесов, включая большее использование металла, форма двускатного навеса обеспечивает равномерную нагрузку снежного покрова.

5. Арочная конструкция навеса



Рисунок 6 – Арочный навес

Основа конструкции навеса состоит из опорных стоек, прогонов, балки и арочной фермы, арочный навес является одним из распространённых типов навесом из-за уникальной формы, что чаще делает его выбором для беседок, и придомовой конструкции.

Навес в основном обшивается материалами способные принимать и удерживать форму полусферы, такие как: поликарбонат, битумная черепица.

Изготовление арочных навесов экономичнее в сравнении с двускатными навесами и многоуровневыми конструкциями.

6. Многоуровневая конструкция навеса



Рисунок 7 – Многоуровневая конструкция навеса

Многоуровневые навесы представляют собой сложные конструкции, сочетает элементы двух и более ферм - двускатный и арочный элемент,

расположенных на разной высоте. Из недостатков: присутствует сложность в изготовлении, необходим точный расчет нагрузок, а также выделяются высокой ценой.

1.1.1 Классификация ферм и дефектов

Классификацию ферм производят по следующим свойствам:

1. По расположению элементов в пространстве:

- плоские



Рисунок 8 – Конструкция плоская

- пространственные



Рисунок 9 – Конструкция пространственная

2. По очертанию поясов:

- с параллельными поясами

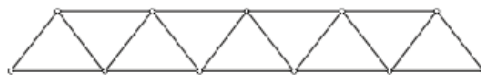


Рисунок 10 – Конструкция с параллельными поясами

- треугольная форма



Рисунок 11 – Треугольная форма поясов

- полигонального очертания



Рисунок 12 – Полигональный пояс

- трапецевидальная



Рисунок 13 – Трапецевидальный пояс

- серповидная



Рисунок 14 – Серповидный пояс

3. По типу решетки:

- треугольная



Рисунок 15 – Треугольный тип решетки

- раскосная

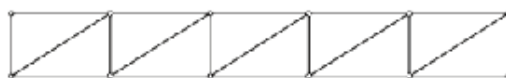


Рисунок 16 – Раскосный тип решетки

- треугольная с дополнительными стойками



Рисунок 17 – Решетки с дополнительными стойками

- полураскосная решетка



Рисунок 18 – Полураскосный тип решетки

- двух и многораскосная

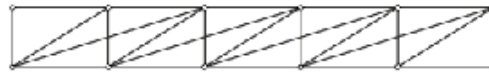


Рисунок 19 – Двух раскосная решетка

- шпренгельная



Рисунок 20 – Шпренгельная

4. По типу опирания:

- однопролетные

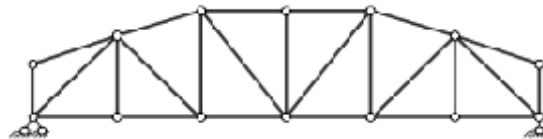


Рисунок 21 – Однопролетная

- консольные

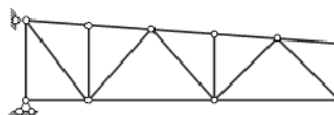


Рисунок 22 – Консольный тип опирания

- многопролетные



Рисунок 23 – Многопролетный тип опирания

- распорные

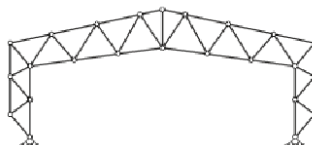


Рисунок 24 – Распорное опирания

5. По материалу исполнения

- деревянные



Рисунок 25 – Ферма, выполненная из дерева

- металлические (чугуны, стали, алюминий и др., сплавы)

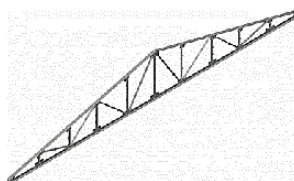


Рисунок 26 – Металлическая ферма

- железобетонные



Рисунок 27 – Железобетонная ферма

– комбинированные



Рисунок 28 – Комбинированная ферма

Классификация дефектов. Несоответствие продукции установленным стандартам согласно нормативной документации определяется как дефект, представляющий собой любое отдельное отклонение.

Деградационные процессы проявляются с течением времени, у металла под воздействием внутренних напряжений, превышенном воздействии нагрузок на конструкцию, при естественном старении, при коррозии.

Разновидности деградационных процессов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Виды деградационных процессов

Деградационный процесс	Характер воздействия
Изнашивание	Механическое изнашивание: – Абразивное изнашивание происходит в результате царапающего или режущего действия твердых элементов. – Усталостное изнашивание происходит при многократном деформировании поверхностного слоя при трении.

Продолжение таблицы 1

Деградационный процесс	Характер воздействия
------------------------	----------------------

Изнашивание	– Изнашивание при заедании возникает при закусывании материала и переноса его на другую поверхность трения. Коррозионно-механическое изнашивание: – Водородное изнашивание проявляется концентрациями водорода в поверхностных слоях трущихся тел – Электроэрозионное изнашивание обусловлено воздействием электрического тока проходящего через контакт детали – Изнашивание при фреттинг-коррозии возникает при механическом соприкосновении тел при малых колебательных перемещениях
Старение	– Деформационное старение у металлов возникает в сварных соединениях в связях с термомеханическим воздействием на металл и повышенным напряженным состоянием – Циклическое воздействие нагрузок, вызывает микропластические деформации и локализацию концентраций напряжений, которые в свою очередь ускоряют развитие ослабления металла.
Коррозия	По протеканию; – Коррозия при полном, неполном и переменном погружении металла в жидкую коррозионную среду – Щелевая коррозия проявляется в щелях, зазорах сталей По характеру разрушения; Местная коррозия – Точечная, в виде отдельных точечных поражений, – Ножевая, локализованная в месте сплавления соединения, – Межкристаллитная, по границам зерен Сплошная коррозия; – Избирательная – Равномерная – Неравномерная

1.1.2 Сведение о материале навеса

«Компоненты – вещества, образующие систему (сплав). В качестве компонентов выступают чистые химические вещества и химические соединения» [12].

Навес для автомобиля изготавливается из конструкционных сталей, таких как ст3 и профильного трубопроката, состоящий из углеродистой и низколегированной стали, в частности ст3сп и 09Г2С.

Маркировка стали указывает хим., состав, классификацию по качеству и степень раскисления.

«Одним из способов обеспечения работоспособности и надежности сварных конструкций является использование в них высокопрочных сталей» [19]. Химические свойства стали 09Г2С представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Состав химических элементов в стали 09Г2С

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V
96,3 %	до 0,12 %	0,5 – 0,8 %	1,3 – 1,7 %	до 0,3 %	до 0,035 %	до 0,03 %	до 0,3 %	до 0,12 %

Механические свойства стали 09Г2С представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства 09Г2С

Сортамент	Временное сопротивление, σ _в , МПа	Предел текучести, σ _{0,2} , МПа	Относительное удлинение, δ ₅ , %	Относительное сужение, Ψ, в %	Ударная вязкость, КСУ, кДж/м ²
Трубы, поковки	490, 470	265-343 245	20 22	- 48	490

Сталь марки 09Г2С – конструкционная сталь, широко применяемая в производстве ответственных сварных конструкций разнообразных форм.

Таблица 4 – Содержание химических элементов в ст3сп

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
97,8 %	0,14 – 0,22 %	0,15 – 0,3 %	0,4 – 0,65 %	до 0,3 %	до 0,05 %	до 0,04 %	до 0,3 %	до 0,3 %

Таблица 5 – Механические свойства ст3сп

Сортамент	Временное сопротивление, σ _в , МПа	Предел текучести, σ _{0,2} , МПа	Относительное удлинение, δ ₅ , %	Относительное сужение при 20 °С, Ψ, в %	Ударная вязкость, КСУ, кДж/м ²
Трубы	370-490	205-255	23-26	25	-

Сталь марки СтЗсп получила широкое распространение в различных отраслях промышленности благодаря удачному сочетанию эксплуатационных характеристик и доступности. Конструкционный материал особенно востребован в строительстве и машиностроении. Содержание химических элементов в стЗ приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Содержание химических элементов в стЗ

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
97 %	0,17 %	0,2 %	0,5 %	до 0,3 %	0,04 %	0,03 %	до 0,3 %

СтЗ, как и стЗсп благодаря своим свойствам широко применяется в строительных конструкциях, сварных металлоконструкциях и современной промышленности, сталь имеет хорошую прочность, хорошо поддаётся сварке.

«Свариваемость – способность металлов и сплавов образовывать неразъемные соединения с требуемыми свойствами. Хорошая свариваемость у низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Высокоуглеродистые и высоколегированные стали, некоторые цветные металлы и сплавы имеют худшую свариваемость» [12]. Механические свойства стЗ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Механический состав стЗ

Сортамент	Временное сопротивление, ов, МПа	Предел текучести, о _{0,2} , МПа	Относительное удлинение, δ ₅ , %	Относительное сужение при 20 °С, Ψ, в %	Ударная вязкость, КСУ, кДж/м ²
Трубы	370-480	235	25-26	25	108-147

1.2 Базовая технология изготовления

Базовая технология подразумевает последовательное выполнение вспомогательных и основных операций, процесса сборки и сварки конструктивных элементов навеса, выполняемая на сварочном участке.

За основу базовой технологии сборки примем ручную дуговую сварку элемента навеса - сварные фермы.

Краткое изложение технологии изготовления ферм, с применением ручной дуговой сварки покрытыми электродами:

Операции по изготовлению: нарезка металлопроката в размер на ленточнопильном станке, транспортировка на сварочный участок, обдирка заусенцев на точильно-шлифовальном станке, механическая зачистка поверхности труб от ржавчины с помощью шлифовальной машины и лепесткового диска, разметка труб с помощью штангенциркуля, рулетки и чертилки, сборка с применением сварочного стола, угольников, сварочных стоек, струбцин и магнитных уголков, прихватка всех элементов фермы, контроль диагонали первой фермы, сварка, контроль качества швов.



Рисунок 29 – Изготовление ферм

Применение сваренной фермы в виде кондуктора для изготовления остальных ферм, в целях уменьшения трудоёмкости разметочных и сборочно-сварочных работ, а также для максимальной схожести ферм.

Первую ферму выставляют по двум поверочным угольникам, прихватывают элементы ферм и обваривают на сварочном столе.

В виде приспособлений для сборки применяются угольники поверочные, струбцины, сварочные столы, сварочные стойки.



Рисунок 30 – Угольник поверочный УШ 400х250



Рисунок 31 – Сварочный стол

Так как фермы получаются достаточно длинными, сваренный кондуктор перемещают на сварочные стойки в количестве 2-4 штук.



Рисунок 32 – Сварочная стойка

В зависимости от длины труб, сваренную ферму укладывают на стойки, выставляют по ней трубы, прижимают раму струбцинами и прихватывают боковые элементы фермы, нижний и верхний пояс, после чего вставляют элементы раскосной решётки и прижимают их струбцинами, прихватывают элементы решётки и после чего сваривают и производят контроль качества сварных швов.



Рисунок 33 – Сварочная струбцина 500 мм.

Оборудование для сварки и материалы. Прихватки и ручную дуговую сварку (ММА) выполняют на сварочном инверторе, у данного инвертора выпрямитель уже встроен в устройство, что говорит о его преобразование входящего переменного напряжения в постоянное.



Рисунок 34 – Сварочный инвертор

Технически характеристики сварочного инвертора приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики СВАРОГ REAL MIG 200

Максимальный ток, А	200
Напряжение питания, В	230
Минимальный ток, А	30
Максимальная мощность, кВт	5,3
Диаметр электрода (мин), мм	1,5
Диаметр электрода (макс), мм	4
Минимальный диаметр проволок, мм	0,6
Максимальный диаметр проволок, мм	1
Режим сварки	с газом/без газа
Диаметр катушки, мм	200
Габаритные размеры, мм	502×225×375
Вес, кг	13

Применяемые сварочные электроды ESAB Э350А УОНИИ 13/55 3,0 мм



Рисунок 35 – Электроды для сварки

Химический состав наплавляемого металла приведен в таблицу 9.

Таблица 9 – Химический состав наплавляемого металла в % по ГОСТ 9467-75

Марка электрода	C	Mn	Si
ESAB УОНИИ 13/55	не более 0,11	0,18-0,7	0,18-0,7

Механические свойства наплавленного металла приведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Механические свойства наплавленного металла шва в % по ГОСТ 9467-75

Марка электрода	Временное сопротивление, ов, МПа	Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа	Относительное удлинение, δ_5 , %	Ударная вязкость, КСU, кДж/м ²
ESAB УОНИИ 13/55	550	440	26	130

Режимы сварки по базовой технологии приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Режимы сварки для базовой технологии

Тип шва	Диаметр электрода, мм	Марка электрода	Напряжение, В	Сила тока, А
тавровый	3,0	ESAB УОНИИ 13/55	22	80 - 100
угловой	3,0	ESAB УОНИИ 13/55	22	80 - 100

У базовой технологии с применением ручной дуговой сварки покрытыми электродами есть ряд существенных недостатков.

Производительность ручной дуговой сварки не высока, большое тепловложение в металл, труд сварщика при средне и крупносерийном производстве является тяжёлым, необходимо иметь хорошую вытяжную систему для сварочного поста от сварочной аэрозоли, следующий недостаток заключается в чистоте при выполнении сварочных работ, во время ручной дуговой сварки на изделии будут оставаться точки от разбрызгивания, а также шлак на сварных швах, который нужно отбивать, создавая дополнительную трудоёмкость для специалиста, частая смена электродов дополнительно снижает эффективность работы. Однако ручная дуговая сварка незаменима для создания прочных и надёжных соединений.

1.3 Проектная технология изготовления

В проектной технологии рассмотрим этап достижения повышения производительности и качества сварки.

За основу проектной технологии сборки примем механизированную сварку в защитных газах (CO₂), элемента навеса - сварные фермы.

При исследовании традиционной технологии ручной дуговой сварки штучными электродами выявлены ключевые проблемные аспекты, требующие усовершенствования: низкая скорость выполнения сварочных операций и чрезмерное тепловое воздействие на изделие из тонкого металла, из-за чего есть риск деформации и изгиба конструкции, тяжёлые условия

работы для средне и крупносерийного производства, большая трудоёмкость из-за необходимости зачистки изделия от шлака и капель на поверхности.

Ввиду вышеизложенного поставим задачу: повышение эффективности выбранного способа сварки, применительно к рассматриваемой конструкции.

Механизированный способ является высокопроизводительным, по сравнению с ручным, вместо электродов применяется сварочная проволока из катушки, она подается в зону сварки автоматически, регулируя скорость подачи проволоки. Защитный газ из баллона обеспечивает защиту сварочной ванны, а отсутствие шлака сокращает трудоемкость зачистки.

Технологический процесс изготовления включает в себя следующую последовательность: нарезка металлопроката в размер, транспортировка на сварочный участок, обдирка заусенцев, механическая зачистка поверхности труб от ржавчины, разметка, сборка кондуктора в виде первой конструкции с применением сварочного стола, угольников, и магнитных уголков, сборка прихваткой всех элементов фермы, контроль диагонали, механизированная сварка, контроль качества швов.

Ниже представлены приспособления для сборки кондуктора.

Сборку подготовленных труб выполняем на сварочном столе, с применением изготовленного кондуктора, укладывают трубы для сборки рамы, применяя угольник или магнитный уголок, после с помощью сварочного механизированного оборудования производят прихватки на боковых, нижних и верхних поясах и замеряют рулеткой диагонали рамы.



Рисунок 36 – Сварочный стол

После прихватки рамы кондуктора, расставляют раскосную решетку по сделанным рискам, прижимают трубы струбцинами и прихватывают вертикальные и наклонные элементы решётки.



Рисунок 37 – Магнитный уголок с 6 углами

После сборки фермы на прихватках её начинают варить механизированной сварки в защитном газе, после чего фермы переворачивают и повторяют сварку с обратной стороны, после сварки производится контроль качества сварных швов.



Рисунок 38 – Раскосная решётка

Такими действиями по кондуктору собирают большое количество конструкций, а с применением механизированной сварки в защитных газах, увеличивается производительность сварки и качество сварных швов.

Применяемое сварочное оборудование и материалы для изготовления конструкции по проектной технологии:



Рисунок 39 – Сварочное оборудование для сварки: выпрямитель форсаж-502 (а) и механизм подачи проволоки форсаж-МПм (б)

В механизированном способе функцию электрода выполняет сплошная сварочная проволока Св-08Г2С-О диаметром 1,0 мм, представленная на (рисунке 40а). В качестве защитной среды используется углекислота, (рисунок 40б). Химический состав сварочной проволоки Св-08Г2С-О указан в таблице 12.

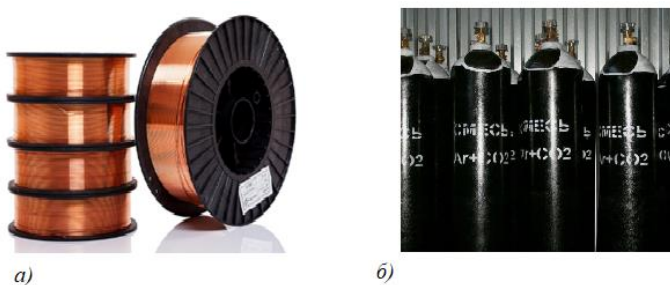


Рисунок 40 – Сварочные материалы: проволока Св-08Г2С-О - 1,0 мм (а) и сварочные баллоны с углекислотой (CO₂) (б)

Таблица 12 – Состав химических элементов в сварочной проволоке Св-08Г2С-О

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
0.05-0.10	0.7-0.90	1.8-2.1	до 0.24	до 0.024	до 0.03	до 0.2	до 0.01

Механические свойства наплавленного металла проволокой Св-08Г2С представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Механические свойства наплавленного металла для проволоки Св-08Г2С-О

Предел текучести,	Временное сопротивление	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV при 20 °С
от , МПа	ов, МПа	δ_5 , %	кДж/см ²
440	550	27	100

В таблице 14 приведены режимы для механизированной сварки в защитных газах.

Таблица 14 – Режимы для механизированной сварки в газах

Сила тока	Напряжение	Полярность	Диаметр сварочной проволоки	Защитный газ	Скорость подачи проволоки	Расход газа
А	В	AC/DC	мм	газ/смесь	м/ч	л/мин
120	22	обратная	1,0	CO ₂	25	8

1.4 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах и смесях

Очередным шагом будет повышение эффективности выбранного способа сварки, применительно к рассматриваемой конструкции. С помощью изученного материала научно-исследовательских работ рассмотрим несколько подходящих исследований в области сварки.

Исследования в области выделений вредных сварочных аэрозолей при различных способах механизированной сварки в защитных газах.

Постановка проблемы. В сварке существует ряд вредных факторов, ежедневно влияющих на здоровье человека, один из них сварочные аэрозоли выделяемые при расплавлении металла на стационарной подаче проволоки в атмосфере двуокиси углерода, так и со смесью (Ar + CO₂), необходимо

выявить с какой газовой защитой и режимом можно добиться уменьшения выделения сварочных аэрозолей (сварочная пыль, CO, SiO₂).

Исследовалось несколько способов механизированной сварки в защитных газах, в первом варианте со стационарной подачей проволоки, во втором, с импульсной подачей электродной проволоки.

«Использование ИПЭП позволяет значительно расширить границы возможностей традиционных технологических процессов сварки и наплавки. По сравнению со стационарными способами импульсно-дуговые методы сварки обеспечивают» [8]:

- «управление процессами плавления, переноса и кристаллизации металла» [8],
- увеличение в несколько раз скорости кристаллизации ванны при более меньших средних значениях основных параметров,
- «уменьшение процессов влияющих на степень деформации в сварных конструкциях, наплавленных поверхностях» [8],
- повышение качественных свойств наплавленных сварных соединений.

Для защитного газа предлагается двуокись углерода (CO₂) и смесью газов (Ar + CO₂). Состав газовой защиты приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Состав газовой защитной среды

Способ сварки	Состав защитного газа
СПЭП	100% CO ₂
СПЭП	82% Ar + 18% CO ₂
ИПЭП	100% CO ₂
ИПЭП	70% Ar + 30% CO ₂

Полученные результаты

«В ходе выполнения экспериментальных исследований установлено, что наибольший уровень эмиссии компонентов сварочного аэрозоля (СА), включающий в себя сварочную пыль, угарный газ (CO) и диоксид кремния (SiO₂), наблюдается при использовании стационарной подачи электродной проволоки, как в условиях сварки в атмосфере двуокиси углерода, так и при использовании газовой смеси Ar + CO₂» [16].

Результаты экспериментальных исследований сварочного аэрозоля приведены на (рисунке 41).

Наименование определяющего элемента	Единица измерения	Способ сварки				ПДК
		СПЭП 100%CO ₂	СПЭП 82%Ar+18%CO ₂	ИПЭП 100%CO ₂	ИПЭП 70%Ar+30%CO ₂	
Сварочная пыль	мг/м ³	4,48	3,57	2,7	2,1	-
NO ₂		менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	менее 0,6	2,0
HF		менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	менее 0,02	0,5
Cr ⁺⁶		менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	0,03
Cr ⁺³		менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	менее 0,5	3,0
Mn		0,56±0,05	0,43±0,09	0,41±0,10	0,36±0,10	0,6
CO		16,5±1,55; 26,8±3,2; 21,2±2,6	11,20±0,75; 13,05±1,5; 18,34±1,5	12,4±1,7; 15,5±2,1; 16,2±2,1	11,43±0,75; 13,31±1,5; 13,97±1,5	20,0
SiO ₂		13,2±4,6	8,5±2,5	11,2±4,2	6,4±3,3	6,0
P ₂ O ₅		менее 0,06	менее 0,06	менее 0,06	менее 0,06	1,0
SO ₂		менее 5,0	менее 5,0	менее 5,0	менее 5,0	10,0

Рисунок 41 – Численный химический анализ сварочного аэрозоля

«В результате проведённых экспериментальных исследований установлено, что использование режима импульсной подачи электродной проволоки в процессе механизированной сварки с защитными газами позволяет снизить содержания компонентов сварочного аэрозоля от 20 до 25% относительно традиционной стационарной подачи проволоки. Полученные результаты показывают повышение санитарно-гигиенических условий труда и более безопасную рабочую среду для сварщика» [16].

В случае перехода на импульсный режим подачи электродной проволоки проявляются следующие возможности:

- существенно снизить тепловложение в металл, благодаря тому, что скорость подачи электродной проволоки при сварке не постоянная, а с небольшой выдержкой,
- успешно уменьшить разбрызгивание электродного металла при сварке,
- гарантированно снизить риск получения подрезов, прожогов, пор, и несплавлений для тонкостенного металла, сохраняя сплавление металла,
- повысить качественные характеристики сварных соединений.

1.5 Зависимость защитной среды к образованию напряжений

Следующие пути повышения эффективности механизированной сварке будут направлены на выявления зависимости между защитной газовой средой и влияния металла шва к образованию кристаллизационных напряжений.

Постановка проблемы. Необходимо определить при механизированной сварке и полуавтоматической сварке, какая защитная газовая среда менее склонна к образованию кристаллизационных перенапряжений при сварки ст3сп.

Для выявления зависимостей газовых сред наплавленного металла шва, выбрали ст3сп, с размерами 299x150x6 мм, с применением различных газовых защитных сред: углекислоты и смеси для исследования ($Ar + CO_2$), со сварочной проволокой Св-08Г2С - диаметром 1,2 мм в весовом количестве 5 кг.

Режимы сварки образцов из ст3сп приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Режимы сварки образцов из ст3сп

№ образца	Защитная среда	Сила тока, $J_{св}$, А	Напряжение дуго, $U_{св}$, V	Скорость подачи проволоки
1	CO ₂	120-140	20	6,5 м/мин
2	CO ₂	120-140	20	7 м/мин
3	Ar+18%CO ₂	160-180	20	9 м/мин
4	Ar+22%CO ₂	160-180	20	9 м/мин
5	Ar+25%CO ₂	160-180	20	9 м/мин

Полученные результаты «Сваренные образцы были подвергнуты следующим видам контроля: рентгеноконтроль, металлография, механические испытания на прочность и угол загиба. Образцы показали бездефектность для рентгеноконтроля.

При проведении металлографического контроля результаты показали» [10]:

- размер зерна не сильно отличается у обоих образцов,
- сварные соединения не имеют каких-либо несплавлений, пор, включений и трещин,
- структурные результаты наплавленных швов имеют в структуре металла перлит с ферритной прослойкой по границам кристаллитов.

Из проведенных исследований приведены результаты сварочных деформаций в таблице 17.

Таблица 17 – Сварочные деформации

№ образца	Поперечное укорочение, мм (замеры по 4 точкам)	Усадка на длине 299 мм, δ
№1	1; 0,5; 1,5; 2	1,25
№2	0; 0; 1; 2	0,75
№3	1; 1; 1; 1	1
№4	0,5; 1; 0,5; 0,5	0,63
№5	0; 1; 0,5; 0,5	0,63

Добавление CO_2 к H₂ способствует насыщению шва кислородом, который образует частицы, провоцирующие выделения серы из металла. Вследствие этого улучшается сопротивляемость сварного шва к трещинам, что подтверждается выводами специалистов в данной области.

наиболее оптимальной, является смесь на основе Ar, так (Ar + 18% и CO₂) или в другом варианте (Ar + 22% CO₂)» [10].

Замер сварочных деформаций показал, что происходит уменьшение поперечной усадки в защитных смесях».

В случае перехода с углекислоты (CO₂) на предлагаемую защитную среду (Ar + 18% CO₂) для механизированной сварки, получим следующие качества:

- «гарантированное отсутствие микроскопических оксидных включений в металле шва, которые являются центрами выделения сульфидов, которые увеличивали трещинообразование в металле шва» [10];
- снижения критической скорости деформирования металла шва по сравнению сварки в углекислоте (CO₂) на 11-13%;
- добиться успешного повышения стойкости сварного шва против образования напряжений при добавлении Ar в CO₂ с концентрацией 78-80%.

Вывод по первой главе

В рамках выполнения первой главы была проведена всесторонняя работа по изучению процесса изготовления навесов: подробно разобраны ключевые аспекты; определена структура навесов в зависимости от конфигурации кровли, а также выполнена классификация видов ферм. Подробному анализу подверглись потенциальные технологии сварки, применимые для данных конструкций, с фокусом на их надежность. Особое внимание уделялось достоинствам и недостаткам ручного дугового способа с использованием штучных электродов.

Анализ имеющихся научных публикаций посвящённых вопросам повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах, позволил выделить два ключевых направления. Первое связано с исследованием формирования сварочного аэрозоля при различных вариантах автоматизированной сварки в газовых средах, включая технологию «ИПЭП – импульсная подача электродной проволоки». Второе касается выявления влияния состава газовой среды и свойств металла шва на интенсивность кристаллизационных напряжений.

В целях повышения производительности механизированной сварки предложено реализовать следующее:

- внедрение импульсного режима подачи сварочной проволоки для улучшения структуры шва,
- использование усовершенствованной смеси защитных газов ($\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$) вместо традиционной углекислоты.

В качестве результата представлена проектная технология изготовления конструкции металлокаркаса. На этапе базовой сборки используется ручная дуговая сварка, однако для обеспечения более высокого качества и для повышения эффективности процесса производится переход на механизированную сварку под защитой газовой смеси ($\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$) с применением импульсной подачи проволоки.

Глава 2 Последовательность изготовления навеса

2.1 Выбор материалов и заготовительные операции

Для определения с материалом сначала нужно было понять какую будет испытывать нагрузку навес 7095×4260 м. Конструкцию подбирали исходя из снеговых и ветровых нагрузок в регионе Самарской области.

Было решено изготавливать односкатный навес с наклоном 10° в основном из квадратного профиля, фермы навеса изготавливаются также из труб квадратного сечения. Нагрузка распределяется так: с крыши от снега передаётся на обрешётку, после она передаёт нагрузку на поперечную и продольную ферму, стоящие на стойках, таким образом, нагрузка распределяется равномерно. В решетки ферм вертикальные стойки работают на местную нагрузку, сжатие, а раскосы, более длинные элементы, работают на растяжение. Прямоугольная ферма отличаются своей прочностью, доступностью в материалах и эстетичностью. Есть способ сборки и сварки ферм по кондуктору, тем самым уменьшая трудоёмкость всего производства.

По месту работы с материалом, сначала производим подготовку труб и сварку ферм в цеховых условиях в рамках сварочного участка, в наличии которого имеются вспомогательные станки, а монтажные работы с навесом производим на планируемой площадке.

Заготовительные операции. Следующий этап подготовка материала, нарезка труб в размер согласно приведенной спецификации в таблице 18.

Таблица 18 – Спецификация материалов

Обозначение	Наименование	Применяемое количество
лист сталь 3 L=97×97×6мм	заглушка на стойки	4
лист сталь 3 L=46×46×5мм	заглушка на ферму	4
лист сталь 3 L=39×19×2мм	заглушка на обрешётку	16
труба 50×50×5мм L=6995мм	верхний и нижний пояс продольной фермы	4

Продолжение таблицы 18

труба 50×50×5мм, L=400мм	боковина продольной фермы	4
труба 25×25×3мм, L=472,5мм	раскосы продольной фермы	36
труба 25×25×3мм, L=300мм	вертикальная сжатая стойка	34
труба 30×30×2мм, L=4200мм	верхний и нижний пояс поперечной фермы	10
труба 30×30×2мм, L=240мм	боковина поперечной фермы	10
труба 25×25×3мм, L=472,5мм	раскосы продольной фермы	36
труба 20×20×2мм, L=180мм	вертикальная сжатая стойка	55
труба 40×20×2мм, L=7095	обрешётка навеса	8
труба 100×100×4мм, L=3400мм	стойка нижняя	2
труба 100×100×4мм, L=4157мм	стойка верхняя	2
Gigant сверло 5,5×19мм, 2 комплекта	кровельный саморез	398
C21-1000-0,7мм, L=1051×4380	профилированный лист	7

Конструктивные элементы навеса будем нарезать на ленточнопильном станке JET HVBS-912, технические характеристики станка JET представлены в виде таблицы.



Рисунок 43 – Ленточнопильный станок

Технические характеристики ленточнопильного станка представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Технические характеристики станка JET

Мощность, кВт	1,4 (380В)
Макс. диаметр, заготовки при 90°, мм	229
Макс. диаметр заготовки при 45°, мм	150
Размер пильного полотна, мм	2655×27×0,9
Угол поворота тисков, град.	0-45
Объём бака для СОЖ, л	8
Число скоростей	4
Габариты, мм	1250×440×1100
Вес, кг	160

Следующим деталям необходимо придать угол с обеих сторон.

Раскосные трубы поперечной фермы:

- труба L=380 мм, 61° и 28°,
- труба L=375мм, 61° и 28°.

Раскосные трубы продольной фермы:

- труба L= 472,5 мм, 61° и 28°.

Для стоек, ферм и обрешетки необходима заглушка на торцы труб, заглушка необходима для – защиты внутренней части трубы от осадков и листьев. Заглушка для стоек будет из листового проката ст3, размеры заглушки L= 97×97×6 мм, в количестве 4 штук. Непосредственно сварные фермы будут монтироваться на заглушки вертикальных стоек.

Заглушки для вертикальных боковин у продольной фермы также применяем из листового проката ст3, размеры L= 46×46×5 мм, в количестве 4 штук. Для обрешетки навеса также примени заглушки, толщиной 2 мм, с размерами 39×19 мм, в количестве 16 штук.



Рисунок 44 – Разметка листа заглушек

Для начала необходимо разметить листы, с помощью угольника с метрической шкалой 350 мм и чертилки по металлу, по линии разметки производим рез на гильотинных электромеханических ножницах модель Н478.01 (рисунок 45).



Рисунок 45 – Гильотинные электромеханические ножницы

Технические характеристики электромеханических гильотинных ножниц представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики гильотинных электромеханических ножниц Н478.01

Толщина разрезаемых листов, мм	22
Ширина разрезаемых листов, мм	2000
Ход ножа, мм	140
Число режущих кромок ножа	4
Мощность электродвигателя, кВт	37
Габаритные размеры, мм	3300×2600×2500
Длина листа с упором, мм	650/1000
Масса, кг	12500

После того как нарезали все нужные размеры труб и листов необходимо тщательно обработать кромки, удалив заусенцы.

Производить обдирку труб и листов будем на станке точильно-шлифовальном ТШ 2М.25 (рисунок 46). Станок обладает высокой производительностью и надёжностью.

Станок предназначен для выполнения различных работ таких как: снятие заусенцев с металлических материалов, обработка фасок на торцах труб и листов, обдирка поверхностей для удаления неровностей и окалины, заточка различного режущего инструмента (сверл резцов, ножей).

Важно перед началом обработки металлических деталей, убедиться в исправности станка, обрабатываемого абразивного круга, наличия надёжно закреплённых кожухов.



Рисунок 46 – Станок точильно-шлифовальный

Технические характеристики точильно-шлифовального станка представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Технические характеристики станка ТШ 2М.25

Наружный диаметр круга, мм	350
Высота круга, мм	40
Посадочный диаметр, мм	220
Максимальная скорость резания, м/с	27,8
Мощность электродвигателя, кВт	2,2
Ток питающей сети переменный трёхфазный	50 Гц, 380В
Габаритные размеры, мм	767×490×1287
Вес, кг	140

К данному точильно-шлифовальному станку необходим обдирочно-шлифовальный круг. Возьмем круг 25А – абразивный.



Рисунок 47 – Абразивный круг 25А

Технические свойства абразивного круга 25А представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Свойства абразивного круга 25А

Назначение	По металлу
Наружный диаметр, мм	350
Посадочный диаметр, мм	127
Размер зерна	25СМ
Толщина, мм	40
Форма круга	прямая
Шлифовальный материал	25А, абразивный материал, электрокорунд белый

Допустим в наличии трубы с завода, но они все покрыты ржавчиной, так как зачастую металл хранится под открытым небом. При сварке необходимо соблюдать технологию, перед сваркой нужно обязательно зачищать поверхность металла от ржавчины и окалины. Хочу отметить сварка полуавтоматом (MIG) не будет хорошей по ржавому металлу, полуавтомат не “любит” грязный металл, поэтому перед сваркой во время заготовительных работ, обрабатываем профильные трубы от осадка ржавчины.

Таким образом необходимо снять небольшой слой осадка для того чтобы качественно производить наложение швов.

На сварочный стол выставляем все нарезанные ранее трубы.

Длинные трубы укладываем вместе в длину всего стола, короткие будем обрабатывать комплектом, применяя струбцины.

Обработку поверхностей труб производим с четырех сторон (рисунок 48) примерного вида обработки.



Рисунок 48 – Обработка металла от ржавчины

Для решения этой цели будем использовать угловую шлифовальную машину (УШМ) и лепестковый диск (рисунок 49).



Рисунок 49 – Угловая шлифовальная машина

Технические характеристики шлифовальной машины представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Технические характеристики УШМ Makita

Мощность, Вт	840
--------------	-----

Максимальный диаметр диска, мм	125
Диаметр посадочного отверстия	22.2
Длина сетевого кабеля, мм	2
Габаритные размеры, мм	180×120×350
Вес, кг	2.1

Лепестковый диск шлифовальный, абразивный, зернистость Р60, 125х10х22 мм, (рисунок 50).



Рисунок 50 – Диск лепестковый абразивный

Струбцины для зажима труб в комплект, для удобства обработки и снижения трудоёмкости.

Струбцина ЗУБР, 120×500 мм.



Рисунок 51 – Струбцина 500 мм

В данном разделе описал все подготовительные работы с материалом, дальше необходимо переходить к выбору сварочного аппарата, а также его настройки.

2.2 Оборудование для сварки и настройка режимов

Выбираем сварочный инвертор серии СВАРОГ REAL MIG 200. Целевое назначение аппарата – сварка полуавтоматом в среде защитных газов (MIG-MAG), а также сварка порошковыми проволоками и ручной дуговой покрытым электродом (ММА).



Рисунок 52 – Сварочный инвертор

Технические характеристики сварочного инвертора приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Технические характеристики сварочного инвертора

Максимальный ток, А	200
Напряжение питания, В	230
Минимальный ток, А	30
Максимальная мощность, кВт	5,3
Диаметр электрода (мин), мм	1,5
Диаметр электрода (макс), мм	4
Минимальный диаметр проволоки, мм	0,6
Максимальный диаметр проволоки, мм	1
Режим сварки	с газом/без газа
Диаметр катушки, мм	200
Габаритные размеры, мм	502×225×375
Вес, кг	13

Для сварки конструкционных сталей применим сварку (MIG-MAG) в смесях инертного и активного газа, смесь аргона и углекислоты $Ar + 20\% CO_2$.



Рисунок 53 – Смесь газов

Настройка сварочного инвертора и режимов сварки

Подготовка. Прежде чем подключить аппарат к сети нужно:

- сначала установить горелку, для этого по направляющим вставляем рукав в евразъём, после закручиваем гайку до упора, горелку подключили;
- подключить провод питания от горелки к разъёму обратной полярности, так как, будем использовать сплошного сечения. Провод от горелки подсоединяем к плюсу, а массу к минусу.

Установка. После установки проводов, устанавливаем катушку, для этого ослабляем прижим, снимаем направляющие, вставляем саму катушку с проволокой и устанавливаем всё обратно. Далее необходимо протянуть проволоку через направляющую в механизм подачи проволоки в направляющую канала горелки, немного протянув, фиксируем, для этого прижимаем прижимным роликом.

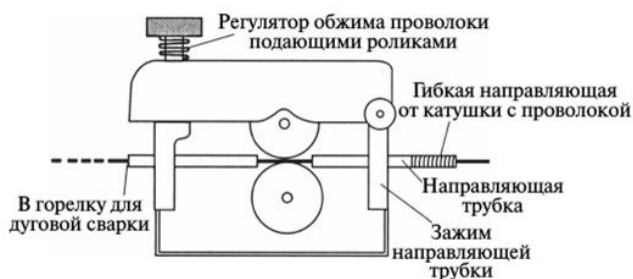


Рисунок 54 – Устройство подачи проволоки

После подготовки проводов и установки катушки с проволокой, переходим к выбору газовой защиты, настройки вылета проволоки и настройки режимов.

Выбор защитного газа.

Для проволоки сплошного сечения необходима газовая защита, газ подключаем к полуавтомату. Выбираем сварочную смесь, с содержанием аргона 80% и углекислоты 20% ($\text{Ar} + 20\% \text{CO}_2$), используем смесь, поскольку защита сварочной ванны будет лучше, а также исключаем необходимость зачистки швов от шлака, так как при использовании проволоки и смеси газов шлак образовываться не будет.

Настройка вылета проволоки.

После подготовки аппарата к работе, подключаем его в сеть. Включаем кнопку на задней панели и проверяем кнопки подачи проволоки, и проверку газа.

Следующим что нужно это промотать проволоку, для этого распрямляем провод горелки и нажимаем протяжку, попутно увеличивая скорость подачи проволоки в горелку, проволока должна выходить из горелки на 8-10 мм.

Настройка режимов для полуавтомата.

Для того чтобы настроить аппарат, необходимо:

- выставить напряжение – оно влияет на проплавление металла, выставляем от 16 до 24 В,
- выставить подходящую скорость подачи проволоки, скорость можно определить на практике, сваривая обрезки.

Скорость подачи проволоки должна совпадать с плавлением самой проволоки, так, проволока будет подаваться правильно.

Такими последовательными действиями подготовили сварочный аппарат к работе.

Режимы для сварочного аппарата приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Режимы для сварочного аппарата

Сила тока, А	120
Напряжение, В	22
Полярность, AC/DC	обратная
Диаметр проволоки, мм	1,0
Защитный газ	Смесь аргона 80% и углекислоты 20% (Ar + 20% CO ²)
Скорость подачи проволоки, м/ч	25
Расход газа, л/мин	8

2.3 Технология изготовления и сварки навеса

«Наибольшая эффективность технических решений может быть достигнуто на этапе проектирования конструкции, когда можно предусмотреть и исключить негативное влияние сварки на свойства сварного соединения» [3].

«Настоящий стандарт устанавливает основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных соединений из сталей, а также сплавов на железоникелевой и никелевой основах, выполняемых дуговой сваркой в защитном газе» [2].

Для начала приварим заглушки к торцам, торцы стоек – заглушка 97×97×6 – 4 штуки к трубе 100×100×5 мм, варим по ГОСТ 14771-76 Н1-ИП-100О. Расшифровывается так, шов нахлестанного соединения, без скоса кромок, шов по замкнутой линии, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой; длина каждого проваренного участка 100 мм. Торцы боковин продольной фермы – заглушка 46×46×5 мм, в количестве 4 штук привариваются к трубе 50×50×5 мм, варим по ГОСТ 14771-76 Н1-ИП-50О.

Торцы обрешётки – заглушка 39×19×2 мм, в количестве 16 штук привариваются к трубе 40×20×2 мм, варим по ГОСТ 14771-76 Н1-ИП-40О.

Технология сборки продольных ферм в количестве 2 шт.

Сварка ферм по ГОСТ 14771-76 – дуговая сварка (MIG) плавящейся проволокой в защитном газе, в то числе в инертных газах и их смесях с углекислым газом.

Продольная ферма состоит из верхнего и нижнего пояса, боковин, раскосной решетки, для изготовления двух продольных фермы понадобятся следующие трубы:

- пояса $50 \times 50 \times 5$ мм – 4 шт,
- боковина $50 \times 50 \times 5$ мм – 4шт,
- раскосы $25 \times 25 \times 3$ мм, - 36 шт,
- стойки $25 \times 25 \times 3$ – 34 шт.

Первую ферму собираем с особой точностью, по ней как по кондуктору будем сваривать остальные, в итоге получатся максимально похожие фермы.

Сначала сварим раму фермы. На сварочный стол выставляем трубу нижнего пояса $50 \times 50 \times 5$ мм $L = 6995$ мм, на ней делаем разметку для вертикальной сжатой стойки.

Сначала отступая от края 365 мм делаем одну риску, это будет стенка, далее от первой риски до следующих по 390 мм, получается 1 риска - 365 мм от края и 16 рисок по 390.

С помощью магнитного уголка выставляем угол 90° для двух боковин к нижнему поясу двух $L = 400$ мм к $L = 6995$. Прихватываем с обеих сторон двумя прихватками для двух боковин. Подставляем верхнюю трубу пояса и прихватываем с обеих сторон двумя прихватками. Замеряем диагонали рамы с помощью рулетки, она должна быть 7106,2 мм. Далее переходим к прихваткам раскосной решетки, укладываем в сваренную раму вертикальные стойки, из трубы $25 \times 25 \times 3$ мм, $L=300$ мм, по намеченной ранее разметке, для фиксации ровного угла вставляем магнитный уголок 90° , расстояния между каждой стойкой 365 мм, стойки прихватываем к верхнему и нижнему поясу - 17 вертикальных стоек.

После прихваток всех стоек переходим к расставлению раскосных труб $25 \times 25 \times 3$ мм, $L = 472,5$ мм, с углами по краям 61° и 28° в количестве 18 штук, прихватываем так, чтобы 9 штук были направлением влево, низ трубы $L = 472,5$ мм, с углом 28° упирался к нижнему поясу, а верх с углом 61° упирался в вертикальную стойку. 9 оставшихся штук прихватываем по направлению вправо, низ трубы и верх труб с такими же углами.

Катет шва вычисляем по формуле: половина наименьшей толщины свариваемых деталей. Тем самым соблюдая ГОСТ для катета швов.

«При сварке в углекислом газе электродной проволокой диаметром 0,8-1,4 мм допускается применять основные типы сварных соединений и их конструктивные элементы по ГОСТ 5264-80» [2].

Сварку боковины с обоих краёв сторон ферм, к нижнему и верхнему поясу производим по ГОСТ 14771-76 У5-ИП-50О, расшифровывается так, шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, шов по замкнутой линии (по контуру стыка), выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой, длина каждого проваренного участка - 50 мм.

Хочу отметить особенность для сварки длинных ферм, сначала свариваем один край фермы, после того переходим на дальний край, чередуя стороны, приближаясь к середине – необходимо для того чтобы, тепло при сварке сильно не распространялось по металлу. Таким действием получим равномерное тепловложение по всей длине конструкции.

После переворачиваем ферму на обратную сторону и производим сварку по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-4Б-95-326, сплошным швом вдоль раскосов и стоек, расшифровывается так, шов таврового соединения, двусторонний, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой; катет сечения шва - 4 мм, длина каждого проваренного участка - 95 мм, шаг - 326 мм.

После того как швы остынут, переворачиваем ферму и варим по местам прихваток аналогично другой стороне, хочу обосновать это тем, что сама

ферма выходит длинная - 7095 мм, чтобы тепло при сварке сильно не распространялось по металлу. Такими действиями, сварили боковины с поясами, а также нижний пояс фермы с решётками, далее нужно обварить верхний пояс с решеткой.

По ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-4Δ-25-365, сплошным швом вдоль раскосов и стоек, расшифровывается так, шов таврового соединения, без скоса кромок, двусторонний, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой, длина катета - 4 мм; длина каждого проваренного участка - 25 мм, шаг - 365 мм.

Такими действиями сварили первую продольную ферму, нужно сварить еще одно точно такую же. Применим кондуктор - в виде сваренной фермы и сварочной стойки, осталось уложить ферму и закрепить струбцинами в количестве 6 шт, с другими деталями фермы, для этого применим сварочные стойки (рисунок 55), в количестве 4 штук с расстоянием 1,5 метра между каждой. Кондуктор в виде первой изготовленной фермы применяю с целью уменьшения трудоёмкости, так как по одной конструкции снизу, применяя струбцины, можно сварить целые комплекты ферм, исключив необходимость повторных измерительных и подготовительных работ с материалом.



Рисунок 55 – Сварочная стойка

Технология сборки поперечных ферм в количестве 5 штук

Поперечная ферма по конструкции похожа на продольную ферму, но меньше по габаритным размерам. Ферма также состоит из верхнего и нижнего пояса, боковин, растянутых и сжатых раскосов. Для 5 поперечных ферм необходимы следующие материалы:

- верхние и нижние пояса $30 \times 30 \times 2$ мм, $L = 4200$ - 10 шт,
- боковина $30 \times 30 \times 2$ мм, $L = 240$ мм - 10 шт,
- раскосы наклонённые влево $20 \times 20 \times 2$ мм, $L = 375$ мм - 30 шт,
- раскосы, наклонённые вправо $20 \times 20 \times 2$ мм, $L = 380$ мм - 30 шт,
- вертикальные стойки $20 \times 20 \times 2$ мм, $L = 180$ мм - 55 шт.

Первую фермы изготавливаем с особой точностью, как и продольную ферму, по ней как по кондуктору сварим оставшиеся 4 фермы, в итоге получатся похожие фермы.

Подготавливаем раму к сборке. Укладываем на сварочный стол трубу нижнего пояса $30 \times 30 \times 2$ мм, $L = 4200$ мм - 1 шт, размечаем риски для вертикальных сжатых стоек. Сначала отступим от края 331 мм, выполняем одну риску, это будет начало первой стойки, далее от первой риски до следующей 351 мм, продолжаем размечать 10 стоек по 351 мм, от риски до риски, для этого применяем инструмент – угольник с метрической шкалой длиной 350 мм и чертилку по металлу.

Применяя магнитный уголок, фиксируем угол 90° для двух боковин к нижнему поясу двух $L = 240$ мм к $L = 4200$. Прихватываем с обеих сторон двумя прихватками. Ставим верхнюю трубу пояса и прихватываем с обеих сторон двумя прихватками для двух боковин. Подставляем верхнюю трубу пояса и прихватываем двумя прихватками. Замеряем получившиеся диагонали рамы с помощью рулетки. Диагональ должна быть 4266,8 мм.

Затем прихватываем детали раскосной решетки, вставляем в раму вертикальные стойки, выполненные из трубы $20 \times 20 \times 2$ мм, $L = 180$ мм, по размеченным ранее рискам, для жесткой фиксации угла применим магнитный уголок стороной 90° , с расстоянием между каждой стойкой 331 мм, прихватками все 11 вертикальных стоек к верхнему и нижнему поясу.

Следом расставляем “растянутые” раскосы, состоящие из труб 20х20х2 мм, L= 375 мм, с углами по краям 61° и 28° в количестве 6 штук с левым наклоном и L= 380 мм, с углами по краям 61° и 28° в количестве 6 штук с правым наклоном. Прихватываем таким образом, чтобы 6 штук были направлены влево, низ труб L = 375 мм с углом 28° упирался к нижнему поясу, а верх с углом 61° упирался в вертикальную сжатую стойку.

6 труб L = 380 по направлению вправо, низ и верх труб с аналогичными углам, поэтому прихватываем также.

Сварка боковин производим с обеих сторон фермы, к нижнему и верхнему поясу производим по ГОСТ 14771-76 У5-ИП-300, расшифровывается так, шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, шов по замкнутой линии (по контуру стыка), выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой; длина каждого проваренного участка – 30 мм.

После переворачиваем ферму на обратную сторону и производим сварку по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-ЗД-100-289, сплошным швом вдоль раскосов и стоек, расшифровывается так, шов таврового соединения, без скоса кромок, двусторонний, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой, катет сечения шва – 3 мм, длина каждого проваренного участка – 100 мм, шаг – 289 мм.

После остывания швов, переворачиваем ферму и варим по местам прихваток аналогично другой стороне.

Таким образом, сварили боковины с нижним и верхним поясом фермы, далее нужно обварить верхний пояс с решеткой.

По ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-ЗД-20-331, сплошным швом вдоль раскосов и стоек, расшифровывается так, шов таврового соединения, без скоса кромок, двусторонний, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой; длина катета 3 мм, длина каждого проваренного участка 20 мм, шаг 331 мм.

Таковыми последовательными действиями сварили первую поперечную ферму, необходимо изготовить еще четыре поперечных ферм, поэтому применяем сварочную стойку, в количестве 3 штук с расстоянием 1,4 м между каждой и применением струбцин в количестве 6 штук для прижатия нескольких ферм в местах нижнего, верхнего пояса и раскосной решетки. Производим сварку по кондуктору первой фермы аналогично для 4 оставшихся поперечных ферм. С целью изготовления приблизительно одинаковые фермы.

Необходимо произвести визуальный и измерительный контроль сварных швов на дефектность, применяя шаблон сварщика и лупу.

«Визуальный и измерительный контроль при сборке свариваемых элементов (заготовок, полуфабрикатов, деталей) проводят с целью выявления и проверки обеспечения допустимых размеров зазоров, смещений кромок, формы и размеров и геометрического положения (излома или перпендикулярности) осей и поверхности собранных элементов» [17].

«Выпуклость (вогнутость) углового шва оценивается по максимальной высоте (глубине) расположения поверхности шва от линии, соединяющей края шва в одном поперечном сечении» [17].

Готовые фермы покрыть антикоррозионным слоем, грунт-эмаль ХВ-0278 по ТУ 6-27174-2000 в три слоя, коричнево-красный цвет.

Технология крепления стоек навеса на участке.

Стойки устанавливаем в землю с использованием песка, щебня, смеси цемента и пластмассовой трубы круглого сечения диаметром 180 мм.

Для того чтобы понять на какую глубину нужно устанавливать стойку а также бурить лунку нужно:

- бурить и устанавливать стойки, на глубину промерзания земли исходя из региона. Для самарской области примерно 1,5 метра,
- выбирать шнек для бура земли диаметром в 3 раза превышающий диаметр стойки. Для моего навеса понадобится 2 шнека, один на 150 мм, второй на 300 мм диаметром.

Разметка. С помощью рулетки на 10 метров размечаем длину и ширину навеса 6795×4050 мм, в грунт забиваем 4 коротких колышка для ориентира внешнего размера, после протягиваем шнур, по периметру оборачивая колышки, после выравниваем контур, длина диагоналей должна быть 7910,4 мм, с разницей не больше 5 мм. После того как размеры начинают совпадать, переходим к разметке лунок, разметку лунок производили по наружным размерам, от колышка и протянутого шнура во внутрь отступаем половину диаметра стойки - 50 мм, намечаем центр первой лунку для стойки $100 \times 100 \times 5$ мм, так повторяем с оставшимися 3 лунками, после проверяем размеры протягивая рулетку, ширина центров должна быть 3950 мм от центра лунки до центра, длина должна центров быть 6695 мм.

Бурение лунок. Будем использовать инструмент, с винтообразным образным сменным шнеком и двигателем, который приводит его в работу – бензиновый бур. Чтобы не усложнять процесс сначала бурим метр шнеком диаметром на 150 мм, затем на 300 мм, на 1,5 метра глубины.

Установка стоек навеса. После того как пробурили 4 лунки, засыпаем немного мелкого гравия с песком на дно лунку и опускаем стойку $L = 3400$ мм, далее заливаем в лунку смесь бетона на глубину 750-800 мм или на половину глубины лунки. С помощью длинного прутка контролируем уровень заливки. После выравниваем стойку, выставляем по уровню с двух сторон, также ориентируясь на протянутый шнурок или нитку, фиксируем ровными треугольными брусками с четырех сторон. Повторяем процесс установки с остальными с тремя оставшимися стойками.

После того как бетон схватится, 6-8 часов после первоначальной заливки, продолжаем установку: убираем фиксирующие бруски и надеваем на стойку пластмассовую круглую трубу диаметром 180 мм, длиной 700 мм, опускаем на застывший бетон, фиксируем центр трубы четырьмя брусками и заполняем отверстие вокруг трубы песком на всю оставшуюся глубину мм, не досыпая до верха пластмассовой трубы, после убираем фиксирующие бруски и повторяем действия с остальными тремя стойками.

Следующим действием заливаем смесь бетона в пластмассовую трубу, на всю её глубину – 700 мм и повторяем с остальными стойками.

Технология сварки стоек с фермами.

Фермы навеса получились достаточно громоздкими и тяжелыми, поэтому применяем кран манипулятор для монтажа ферм на стойки.

Стойки навеса имеют разную высоту, а именно $L = 1900$ - нижняя и $L = 2657$ мм - верхняя. Такая разница в высоте необходима для наклона крыши в 10° . При помощи крана манипулятора монтируем продольную ферму с размерами $L = 7095 \times 400$ мм на 2 стойки 100×100 $L = 1900$ мм. Применяя стремянку, поднимаемся и выравниваем ферму по левому краю (если смотреть по ширине) и производим несколько прихваток с каждой стороны ферм к стойкам, после на второй стойке.



Рисунок 56 – Кран – манипулятор для монтажа ферм

После этого визуальным контролем осматриваем, чтобы ферма прихватилась ровно. Сварку производим по всему контуру примыкания по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-5Д-50 - в два прохода.

Расшифровка шва шов таврового соединения, без скоса кромок, двусторонний, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой, катет сечения шва - 5 мм, длина проваренного участка 50 мм - таким швом обвариваем в двух местах на каждой стойке.

Стоит отметить, для того чтобы правильно наложить шов катетом 5 мм, нужно добавить скорость подачи проволоки, увеличить ток и напряжение.

Режимы для создания шва катетом 5 мм приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Режимы для шва катетом 5 мм

Сила тока, А	150
Напряжение, В	25
Полярность, AC/DC	обратная
Диаметр проволоки, мм	1,0
Защитный газ	Смесь аргона 80% и углекислоты 20% (Ar + 20% CO ²)
Скорость подачи проволоки, м/ч	30
Расход газа, л/мин	10

После этого по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-5Д-100 - по бокам в два прохода. Визуальным контролем осматриваем швы, они должны быть без дефектов пор, трещин, непровара, соединение должно получиться равнопрочным по всему контуру.

Следующим действием монтируем следующую продольную ферму L = 7095×400 мм на верхнюю стойку L = 2567 мм, при помощи крана манипулятора. Применяя стремянку, поднимаемся и выравниваем ферму по левому краю (если смотреть по ширине) и производим несколько прихваток с каждой стороны ферм к стойкам, после для второй стойки. Визуальным контролем осматриваем, чтобы ферма прихватилась ровно к поверхности стойки.

Сварку производим по всему контуру примыкания по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-5Д-50 - в два прохода.

После этого по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-5Д-100 - по бокам в два прохода. Визуальным контролем осматриваем швы, они должны быть без дефектов пор, трещин, непровара, соединение должно получиться равнопрочным по всему контуру. Такими действиями приварили две фермы к четырём стойкам.

Технология сварки поперечной фермы с продольной фермой.

Следующий этап сборки и сварки навеса это установка и поперечных фермы на продольные фермы, в количестве 5 штук с наклоном 10°, производим сварку фермы, состоящую из трубы 30×30×2 мм к ферме 50×50×5 мм.

Перед сваркой, необходимо поменять режимы, так, получаем что толщина металла теперь 2 мм.

Обращаясь к пункту 8 стандарта ГОСТ 14771-76 «Размер катета должен быть не более 3 мм для деталей толщиной до 3 мм включительно и 1,2 толщины более тонкой детали при сварке деталей толщиной свыше 3 мм» [19]. Поэтому добавляем 1 мм к катету шва. Режимы для создания шва катетом 3 мм приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Режимы для шва катетом 3 мм

Сила тока, А	100
Напряжение, В	20
Полярность, АС/DC	обратная
Диаметр проволоки, мм	1,0
Защитный газ	Смесь аргона 80% и углекислоты 20% (Ar + 20% CO ²)
Скорость подачи проволоки, м/ч	25
Расход газа, л/мин	8

Для установки поперечных ферм длиной $L = 4260$ мм, на две продольные под уклоном 10°, применяем кран манипулятор, первую ферму необходимо устанавливать, начиная с края, дальше с расстоянием между фермами 1736,2 мм. Применяя стремянку, поднимаемся и выравниваем ферму ровно по краю, сначала прихватываем четырьмя прихватками на сторону стойки, после перемещаемся и прихватываем другую сторону, визуальным контролем осматриваем, чтобы ферма прихватилась ровно.

После продолжаем монтаж остальных четырёх поперечных ферм на две продольные фермы. Таким действием произвели монтаж 5 ферм и прихватили

их, попутно производя визуальный контроль для всех 5 ферм, чтобы фермы встали ровно по плоскости, без смещений.



Рисунок 57 – Установка и сварка поперечных ферм с продольными фермами

Сварку ведем по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-ЗД-50. Расшифровывается так, шов таврового соединения, без скоса кромок, двусторонний, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой, катет сечения шва – 3 мм, длина каждого проваренного участка - 50 мм. Таким соединением выполняем швы для вида спереди ферм, для обеих сторон.

Хочу уточнить, что после сварки ферм по бокам, нужно приварить их снизу, то есть в потолочном положении угловым двусторонним швом (У5), но для этого необходимо уменьшить силу тока примерно на 10-15%.

Режимы сварки для проведения сварочных работ в потолочном положении приведены в таблице 28.

Таблица 28 – Режимы сварки для потолочных швов

Сила тока, А	85
Напряжение, В	18
Полярность, AC/DC	обратная
Диаметр проволоки, мм	1,0
Защитный газ	Смесь аргона 80% и углекислоты 20% (Ar + 20% CO ²)
Скорость подачи проволоки, м/ч	25
Расход газа, л/мин	8

По ГОСТ 14771-76 У5-ИП-3Д -30. Расшифровывается так, шов углового соединения, без скоса кромок, двусторонний, выполненный дуговой сваркой в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой; катет сечения шва – 3 мм, длина каждого проваренного участка - 30 мм. Таким соединением выполняем швы для вида сбоку ферм, для обеих сторон.

Повторяем швы по ГОСТ 14771-76 ТЗ-ИП-3Д -50 и ГОСТ 14771-76 У5-ИП-3Д -30 для обварки оставшихся четырёх поперечных ферм с продольными фермами.

Технология сварки обрешётки и крепления настила навеса.

Обрешётка состоит из отдельных элементов конструкции, расположенных перпендикулярно лежащих на фермах, обрешётка служит для крепления настила, профилированного листа. Состоит из труб 40×20×2 мм, длиной L = 7095 мм. С помощью стремянки, поднимаемся и укладываем первую обрешётку на край поперечных ферм, скрепляя с двух сторон двумя струбцинами, для того чтобы ровно и жестко зафиксировать трубу. Применяем в количестве 4 штук.



Рисунок 58 – Струбцина F-образная 150 мм

Сварку будем вести после жесткой фиксации обрешётки к поперечной ферме струбцинами.

Сварка по ГОСТ 14771-76 Н1-ИП-ЗД-30z, расшифровывается так, шов нахлесточного соединения, без скоса кромок, с шахматным расположением элементов, выполненный дуговой сваркой, в инертных газах и смесях с углекислым газом плавящейся проволокой, катет сечения шва – 3 мм, после сварки визуально осматриваем, чтобы не было проваров и других дефектов. После чего снимаем струбцины и перемещаемся для крепления следующей обрешётки, измеряя расстояния между ними 562,8 мм, для удобства делаем риску с двух краёв, и выставляем по ней, после зафиксировав струбцинами, переходим к сварке по ГОСТ 14771-76 Н1-ИП-ЗД-30z. Повторяем для оставшихся элементов обрешётки.

В итоге для одной обрешётки выполняем 5 соединений внахлест сверху, с шахматным расположением сварных соединений и длиной шва 30 мм.

«Визуальный и измерительный контроль следует проводить всех доступных для этого поверхностей полуфабрикатов, заготовок, деталей, сборочных единиц, изделий» [17].



Рисунок 59 – Установка и сварка обрешётки

Перед установкой кровельного материала, нужно нанести антикоррозионную защиту на металлоконструкцию, а также на все сварные швы, применим покрытие грунт-эмаль ХВ-0278 по ТУ 6-27174-2000 в три

слоя, коричнево-красный цвет. Наносим в 3 слоя, потому что 1 - слой работает как преобразователь ржавчины, 2 - слой как антикоррозионный грунт, 3 - слой как красочное декоративное покрытие.



Рисунок 60 – Грунт-эмаль коричнево-красного цвета

После нанесения антикоррозионной защиты можем, переходим к креплению кровельного материала в виде профилированного листа С21-1000-0,7 мм, с размерами L= 1051×4380 мм, в количестве 7 штук.



Рисунок 61 – Аккумуляторный шуруповерт

Технические характеристики шуруповерта ЗУБР приведены в таблице 29.

Таблица 29 – Технические характеристики шуруповерта ЗУБР

Питания	От аккумулятора
Макс. число оборотов, об/мин	1400
Макс. крутящий момент, Нм	40
Мощность, Вт	18
Напряжение аккумулятора, Вт	18
Размеры, мм	280×115×285
Вес, кг	1,5

Крепим листы к обрешётке, применяя аккумуляторный шуруповерт и кровельных саморезов – сверло 5,5×19 мм, в виде насадки для самореза, применим биту, с шестигранной магнитной насадкой, например SW8. Применяем стремянку, начинаем справа налево, по линии карниза, укладывать и крепить по одному профилированному листу, после этого устанавливаем следующий лист под тот, который закреплен, надевая на одну волну лист, крепим саморезами по краям через каждую волну.

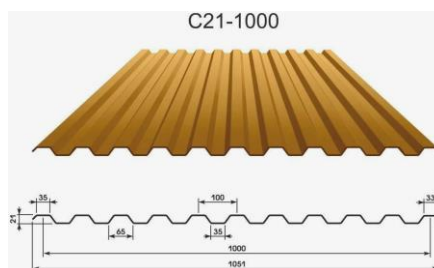


Рисунок 62 – Крепление профилированного листа

Получается для вида сбоку 70 саморезов снизу и сверху навеса по 10 саморезов на лист, а дальше с расстоянием обрешётки - 562,8 мм, через две волны профилированного листа, получается на лист по 5 саморезов в 6 линий. Выходит для крепления профилированного листа - 350 саморезов. Также стоит учесть на каждое скрепление листа в 8 линий, по месту наложения листов - 48 штук. В процессе сверления также стоит смести стружку, чтобы профиль не покрывался ржавчиной.

В итоге необходимо затратить 398 саморезов.



Рисунок 63 – Кровельный саморез 5,5x19

Глава 3 Расчёт конструкции навеса

3.1 Расчет снеговой нагрузки

Расчет нагрузок и угла наклона на примере односкатного навеса

Учитываем:

- угол наклона,
- снеговую нагрузку,
- ветровую нагрузку.

Воспользуемся формулами из СНиПа нагрузок по СНиП 2.01.07-85 нагрузки и воздействия.

Снеговая нагрузка рассчитывается по формуле:

$$s = s_g \cdot \mu \quad (1)$$

где, s_g – нормативная нагрузка снега на 1 м;

μ - поправочный коэффициент, определяется по уклону кровли:

($\mu = 1$ – для уклона меньше 25° , $\mu = 0$ – для уклона больше 60°)

s_g определяется по карте снеговых районов:

Карта снеговых районов приведена в таблице 30.

Таблица 30 – Карта снеговые районы Российской Федерации

Снеговые районы РФ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
S_g , кПа (кгс/м ²)	0,8 (80)	1,2 (120)	1,8 (180)	2,4 (240)	3,2 (320)	4,0 (400)	4,8 (480)	5,6 (560)

Так в Тольятти → IV – снеговой район, значение s_g будет 2,4 кПа.

Переводим кПа → кг/м² для этого $2,4/0,00980665 = 245$ кг/м².

Принимаем в расчет угол наклона кровли 10° (9-20° градусов – открытые и ветровые местности).

$$\zeta = \zeta g \cdot \mu = 2,4 \text{ кПа},$$
$$2,4/0,00980665 = 245 \text{ кг/м}^2.$$

Навес должен выдерживать снег тяжестью 245 кг/м².

3.2 Расчет ветровой нагрузки

Ветровая нагрузка рассчитывается по формуле:

$$w = w_0 \cdot k(ze) \cdot C \quad (2)$$

- нормативное значение ветровой нагрузки над поверхностью земли где;
- w_0 – нормативное значение ветрового давления в зависимости от района,
- $k(ze)$ – коэффициент, учитывающий изменения ветрового давления по высоте,
- C – аэродинамический коэффициент.

Значение w_0 и $k(ze)$ указаны в СНиП 2.01.07-85.

Навес с уклоном 10°, подбираем нужное значение w_0 , $k(ze)$, C из таблицы в СНиПе.

- 1) w_0 , Самарская область находится в 3 ветровом районе, поэтому $w_0 = 0,38/\text{м}^2$.
- 2) $k(ze)$, коэффициент $k(ze)$ будет равен 0,5, поскольку высота постройки меньше 5 м, а тип местности – В.
- 3) C – аэродинамический коэффициент по приложению 4 из СНиПа

$$C = c_{p1} + c_{p2} \quad (3)$$

Согласно схеме, значение c_p 1 каждые 5° увеличивается на 0,2, следовательно, для 10° оно будет равно 1,4.

Значение c_p 2 каждые 5° растёт на 0,05, следовательно, в нашем случае $c_p 2 = 0,4$.

$$C = 1,4 + 0,4$$

Итого ветровая нагрузка из расчета:

$$w_0 = w_0 \cdot k(z_e) \cdot C = 0,38 \cdot 0,5 \cdot (1,4+0,4) = 0,34 \text{ кН/м}^2.$$

$$\text{Переводим килоньютоны в кг: } 0,34 \cdot 101,97 = 34,66 \approx 35 \text{ кг/м}^2.$$

Сочетание нагрузок

Выяснялось, что на односкатный навес с углом наклона 10° действует снеговая нагрузка 245 кг и ветровая 35 кг.

Навес должен выдерживать нагрузку 280 кг/м^2 , не считая нагрузку от самого навеса: настила, прогонов, ферм.

По СП 20.13330.2016 выбираем для расчета упрощённый коэффициент снегоотложения с учетом несущего материала.

$K = 1,25$ – коэффициент снегоотложения.

$$S_g^k = 2,8 \cdot 1,25 = 3,5 \text{ кН/м}^2 = 350 \text{ кг/м}^2.$$

Габариты навеса $7,1 \times 4,2 \text{ м} = 29,8 \cdot 350 = 10,430$ тонн – нагрузка на навес с увеличенным коэффициентом снегоотложения с учетом несущего материала.

3.3 Подбор профилированного настила для навеса

Профнастил определяем в соответствии с рекомендациями методического пособия по применению профилированных стальных настилов в строительстве.

Необходимо чтобы профнастил обеспечивал 350 кг/м^2 или более по схеме.

По приведенной таблице 31 определяем нагрузку от шага опор.

Таблица 31 – Предельные равномерно распределенные нагрузки на профилированные настилы

Тип профиля	Шаг опор, м	Нагрузка при расчетной схеме опирания N°, кг/м ²			
		Схема 1 	Схема 2 	Схема 3 	Схема 4 
МПКП 100-600-1,0	3,0	434	720	607	560
НС35-1000-0,55	1,5	432	247	282	271
НС35-1000-0,6	1,5	471	322	365	350
НС35-1000-0,7	1,5	549	493	560	537
НС35-1000-0,8	1,5	627	670	762	752
С21-1000-0,7	1,5	210	453	405	434
С44-1000-0,6	1,5	556	307	349	335
С44-1000-0,7	1,5	658	474	540	518
ВН 45-900-0,55	1,5	736	640	730	720
Н57-750-0,8	3,0	337	365	426	409

Из рассматриваемых профилированных настилов по таблице 32 выбираем профилированный настил С21-1000-0,7. Однако профнастил имеет всего 210 кг/м² на шаг опор 1,5 м по расчетной схеме 1, настил будет опираться на 2 опоры - схема 1, но так как в навесе расстояние между двумя прогонами 562,8 мм, можно считать что запас как минимум в два раза есть, поэтому принимаем данный настил.

3.4 Расчет подбора стойки

Определяем из условий предельной гибкости $[\lambda] = 150$ – для конструкций навесов, козырьков.

Из условий предельной гибкости определяем радиус инерции, по сортаменту ГОСТ 30245-2003.

Формула - расчетную длину делим на предельную гибкость, расчетная длина для нашей стойки это геометрическая умноженная на 2, так как, расчетная схема этой стойки это стержень одним концом заделанный.

$$i_x = \frac{Lcg}{[\lambda]} \quad (4)$$

для стойки $L = 2657$ мм,

$$i_x = \frac{Lcg}{[\lambda]} = \frac{2 \cdot 2,65 \cdot 100}{150} = 3,53 \text{ см.}$$

для стойки $L = 1900$ мм,

$$i_x = \frac{Lcg}{[\lambda]} = \frac{2 \cdot 1,90 \cdot 100}{150} = 2,53 \text{ см.}$$

Открываем сортамент по ГОСТ 30245-2003.

Принимаем трубу квадратного сечения 100x100x4 мм с $i_x = 3,88 > 3,53$ см, $i_x = 3,88 > 2,53$ см, с массой 11,7 кг за 1 метр.

Принимаем для обоих размеров стоек одинаковую трубу.

3.5 Расчет подбора ферм навеса

«Сначала необходимо определить опорные реакции из условий равновесия всей фермы. После этого можно из уравнений равновесия найти усилие в каждом стержне, поскольку конструкция статически определимая» [9].

Решение этой задачи состоит из четырех этапов:

- рассекают мысленно конструкцию на две части (сечение должно пройти через те стержни, в которых требуется определить усилия);
- отбрасывают одну из двух отсеченных частей, рассматривают оставшуюся часть;
- заменяют действия отброшенной части усилиями в рассечённых стержнях;
- уравнивают рассматриваемую часть конструкции.

В проектируемом навесе для автомобиля применяем 7 ферм из них 2 продольные фермы и 5 поперечных ферм, продольные фермы имеют другие размеры, поэтому ведём два расчёта.

Проектный расчет поперечной фермы

Исходные данные для расчета (рисунок 64), $d = 331,6$ мм, $h = 180$ мм, $L = 12d$, $P = 2$ кН, $[\sigma] = 200$ МПа.

Выбираем в виде сечения для фермы гнуто-замкнутый сварной профиль, квадратного сечения.

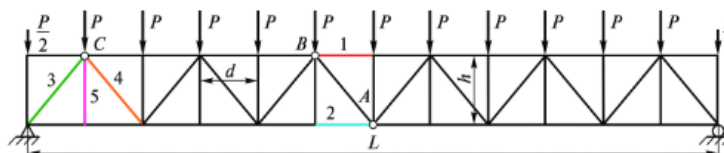


Рисунок 64 – Расчетная схема поперечной фермы
1-5 номера стержней

Сумма приложенных сил $12P$, реакции опор по $6P$. В верхнем поясе наибольшее усилие в стержне 1, длиной $L = 331,6$ мм: $\sum M_A = 0$;

$$N = - \frac{6P \cdot 6d - \frac{P}{2} \cdot 6d - P \cdot 5d - P \cdot 4d - P \cdot 3d - P \cdot 2d - Pd}{h} \\ = -18P = -36 \text{ кН}$$

Выбираем профиль $30 \times 30 \times 2$ мм по ГОСТ Р 54157-80

Параметры сечения: $A = 217 \text{ мм}^2$; $i_{\min} = 11$ мм, тогда $\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{331,6}{11} = 30,1$
 $\varphi = 0,93$; $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{36}{217} = 165 \text{ МПа} < \varphi [\sigma] = 186 \text{ МПа}$ – устойчивость сжатого пояса обеспечена.

В нижнем поясе наибольшее усилие в стержне 2; $\sum M_B = 0$;

Используем квадратный профиль по всей конструкции фермы, поэтому принимаем такой же профиль для нижнего пояса.

Тем самым считаем прочность растянутого нижнего пояса обеспеченной.

$$N1 = N2$$

В конструкции фермы наиболее нагруженные раскосы – сжатый 3 и растянутый 4 (рисунок 64), длиной $l = 331,6\sqrt{2} = 468$ мм; $\sum P_y = 0$;

$$N3 = - \frac{6P - \frac{P}{2}}{\sin 45^\circ} = -4,95P = -9,9 \text{ кН}$$

Выбираем профиль $20 \times 20 \times 2$ мм по ГОСТ Р 54157-80

Параметры сечения: $A = 137 \text{ мм}^2$; $i_{\min} = 7,2$ мм, тогда $\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{468}{7,2} = 65$
 $\rightarrow \varphi = 0,80$; $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{9,9}{137} = 72 \text{ МПа} < \varphi [\sigma] = 160 \text{ МПа}$ – устойчивость сжатого раскоса обеспечена.

$$N4 = \frac{6P - \frac{P}{2}}{\sin 45^\circ} - P = 4,24P = 8,48 \text{ кН}$$

Выбираем для растянутых раскосов трубу такого же сечения, как и для сжатых.

Сжатая стойка 5 длиной $l = 180$ мм; $\sum P_y = 0$;

$$N_5 = -P = -2 \text{ кН}$$

Выбираем профиль 20x20x2 мм по ГОСТ Р 54157-80

Параметры сечения; $A = 137 \text{ мм}^2$; $i_{\min} = 7,2 \text{ мм}$, тогда $\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{180}{7,2} = 25$

$\rightarrow \varphi = 0,94$; $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{2}{137} = 14 \text{ МПа} < \varphi [\sigma] = 188 \text{ МПа}$ – устойчивость сжатой стойки обеспечена с запасом.

Проектный расчет продольной фермы

Исходные данные для расчета фермы (рисунок 65): $d = 365 \text{ мм}$, $h = 400 \text{ мм}$ $L = 18d$, $P = 5 \text{ кН}$, $[\sigma] = 255 \text{ МПа}$.

Сечения для ферм из гнуто-замкнутого сварного профиля.

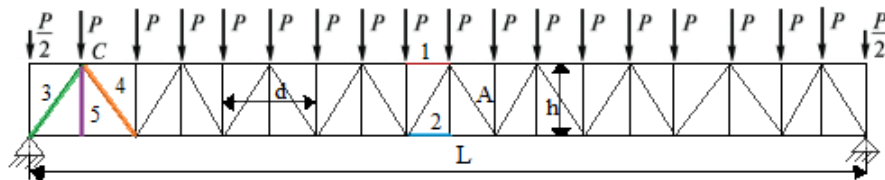


Рисунок 65 – Расчетная схема продольной фермы

1-5 номера стержней

Сумма приложенных сил $18P$, реакции опор по $9P$. В верхнем поясе наибольшее усилие в стержне 1, длиной $L = 365 \text{ мм}$: $\sum M_A = 0$;

$$N = - \frac{9P \cdot 9d - \frac{P}{2} \cdot 9d - P \cdot 8d - P \cdot 7d - P \cdot 6d - P \cdot 5d - P \cdot 4d - P \cdot 3d - P \cdot 2d - Pd}{h} =$$

$$-40,5P = -202,5 \text{ кН}$$

Выбираем профиль 50x50x5 мм по ГОСТ Р 54157-2010

Параметры сечения: $A = 836 \text{ мм}^2$; $i_{\min} = 17 \text{ мм}$, тогда $\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{365}{17} = 21$ φ

$$= 0,96$$

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{202,5}{836} = 242 \text{ МПа} < \varphi [\sigma] = 244,8 \text{ МПа} \text{ – устойчивость сжатого}$$

раскоса обеспечена.

В нижнем поясе наибольшее усилие в стержне 2; $\sum M_B = 0$;

Используем квадратный профиль по всей конструкции фермы, поэтому принимаем такой же профиль для нижнего пояса.

Тем самым считаем прочность растянутого нижнего пояса обеспеченной.

$$N1 = N2$$

Наиболее нагруженные раскосы – сжатый 3 и растянутый 4 (рисунок 64), длиной $l = 365\sqrt{2} = 516$ мм; $\sum P_y = 0$;

$$N3 = -\frac{9P - \frac{P}{2}}{\sin 45^\circ} = -9,2P = -46 \text{ кН}$$

Выбираем профиль 50х50х5 мм по ГОСТ Р 54157-80

Параметры сечения: $A = 836 \text{ мм}^2$; $i_{\min} = 17 \text{ мм}$, тогда $\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{516}{17} = 30$
 $\rightarrow \varphi = 0,93$; $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{46}{836} = 55 \text{ МПа} < \varphi [\sigma] = 237 \text{ МПа}$ – устойчивость сжатого раскоса обеспечена с запасом. Так как есть большой запас, а именно в 4 раза, подбираем следующий материал меньшего сечения.

Выбираем профиль 25х25х3 мм по ГОСТ Р 54157-2010

Параметры сечения: $A = 241 \text{ мм}^2$; $i_{\min} = 8,7 \text{ мм}$, тогда $\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{365}{8,7} = 41$ $\varphi = 0,89$, $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{46}{241} = 190 \text{ МПа} < \varphi [\sigma] = 227 \text{ МПа}$ – устойчивость сжатого раскоса обеспечена.

$$N4 = \frac{9P - \frac{P}{2}}{\sin 45^\circ} - P = 2,12P = 10,6 \text{ кН}$$

Выбираем для растянутых раскосов трубу такого же сечения, как и для сжатых. Сжатая стойка 5 длиной $l = 300$ мм; $\sum P_y = 0$;

$$N5 = -P = -5 \text{ кН}$$

Выбираем профиль 25х25х3 мм по ГОСТ Р 54157-80

Параметры сечения; $A = 241 \text{ мм}^2$; $i_{\min} = 8,7 \text{ мм}$, тогда $\lambda = \frac{l}{i_{\min}} = \frac{300}{8,7} = 34$
 $\rightarrow \varphi = 0,93$; $\sigma = \frac{N}{A} = \frac{5}{241} = 21 \text{ МПа} < \varphi [\sigma] = 237 \text{ МПа}$ – устойчивость сжатой стойки обеспечена с запасом.

Глава 4 Безопасности и экологичности технологического процесса изготовления навеса

4.1 Описание технологической характеристики сооружения

Во время проведения работ по изготовлению ферм навеса в цеху на производстве опасность представляют баллоны с горючим газом, так как в обращении с ними требуется особая внимательность и чистота при работе. Механический травматизм при зачистке и подготовки деталей к сварке.

Сборочно-сварочные работы с навесом на объекте предоставляют опасность монтажных работ на высоте.

Пожарная опасность, связанная с огневыми работами в полевых условиях. Опасность движущихся изделий при монтаже ферм. Опасность при работе с баллонами в полевых условиях.

Технологический паспорт сооружения представлен в таблице 32.

Таблица 32 – Технологический паспорт стационарного сооружения

Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Должности работника задействованный в технологической операции	Оборудование, техническое приспособление, устройство	Сварочные материалы, металлический прокат
1	2	3	4	5
Технология и оборудование изготовления навеса для автомобиля	Входной контроль, перемещение материала навеса (труб) на покраску и приём с покраски, заполнение наряда-допуска	Мастер участка	Измерительные работы	Прокат конструкционной, низколегированной стали – ст3, ст3пс, 09Г2С

Продолжение таблицы 32

2	3	4	5
Обработка и подготовка поверхности металла к сварке, обдирка металла, подготовка кромок	Слесарь механо-сборочных работ	Штангенциркуль, рулетка, сварочный угольник, чертилка по металлу, ленточнопильный станок, ножницы гильотинные, станок точильно-шлифовальный, угловая шлифовальная машина	Листовой и профильный прокат конструкционной, низколегированной стали – ст3, ст3пс, 09Г2С
Сборочно-сварочные работы с фермами на участке	Электро-газосварщик	Сварочный инвертор, баллоны смеси газов (Ar + 20% CO2), держатель электродов (держак), сборочный кондуктор, сварочные стойки, трубины, кран-балка	Катушка с омеднённой проволокой диаметром 1,0 мм марки Св-09Г2С-О, УШС-3 (универсальный шаблон сварщика)
Контроль сварных соединений на участке. Контроль сварных соединений на объекте	Электро-газосварщик (Дефектоскопия)	УШС-3 (универсальный шаблон сварщика), штангенциркуль с глубиномером	Измерительный инструмент
Доставка материала на объект. Монтаж ферм	Машинист, стропальщик	Автокран, кран-манипулятор	Стропа до 3 тонн – 2 шт

Продолжение таблицы 32

2	3	4	5
Установка и сварка навеса на площадке	Электро-газосварщик	Сварочный инвертор “REAL MIG 200”, баллоны смеси газов (Ar + 20% CO ₂)	Катушка с омеднённой проволокой диаметром 1,0 мм марки Св-09Г2С-О
Монтаж и установка кровли	Слесарь, электро-газосварщик	Аккумуляторный шуруповёрт	Кровельный саморез 5,5х19 мм, Профилированный лист С21-1000-0,7 мм, стремянка

4.2 Идентификация профессиональных рисков

«Проведена идентификация возникающих профессиональных рисков по осуществляемому производственно-технологическому процессу изготовления навеса для автомобиля, по производимым операциям, видам производимых основных и вспомогательных работ.

В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие» [4]:

Работа с гильотинными ножницами сопряжена с опасными факторами. Яркое световое излучение может повредить зрение при отсутствии защиты. Взрывоопасность возникает при работе со сварочными баллонами.

Таблица 33 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция	Вредный и/или опасный производственный фактор	Источник вредного и/или опасного производственного фактора
2	3	4
Подготовка металла для обработки поверхности и обработки кромок	Повышенный шум, крошки, искры при обработке	Работа шлифовальной машины, гильотинных ножниц

Продолжение таблицы 33

2	3	4
Сварка в цеху	Опасность от сварочных баллонов, термических ожогов при сварке	Сварочные баллоны, раскалённые искры, поражение электрическим током
Контроль сварных соединений	Нет	Нет
Монтажные работы в полевых условиях	Резкое ухудшение климата при сварке или монтаже	Воздействие повышенной влажности, сильного ветра, сильных атмосферных осадков при сварке или монтаже
Сварка в полевых условиях	Опасность воздействия электрического провода при сварке, опасность от сварочных баллонов, случайный ожог глаз рядом стоящих специалистов от светового излучения, смещение или отклонение размеров швов, резкое ухудшения погоды – опасность для сварочного оборудования	Прикосновение человека к двум неизолированным токоведущим фазам под напряжением, воздействия масла, грязи на сварочные баллоны, близость сварочного аппарата, близость сварочных баллонов, раскалённые искры, воздействие сильного ветра, больших атмосферных осадков во время сварки
Контроль сварных соединений	Воздействие резкого ухудшения погоды	Повышенное скольжение вследствие резкого ухудшения погоды, контроль швов на высоте

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Профессиональные риски отражают потенциальную опасность ухудшения здоровья работников при выполнении производственных задач.

Исследование технологического процесса создания автомобильных навесов позволило сформировать систему защитных мер, существенно уменьшающих воздействие опасных производственных факторов. Реализация данного комплекса обеспечивает меры для обеспечения безопасности состоянию здоровья персонала и поддерживает его профессиональную эффективность.

Комплекс методов и технических средств снижения негативного влияния вредного и опасного производственного фактора, такого как повышенный шум, от работы оборудования, опасность светового излучения, опасность от механического воздействия и другие приведены в таблицу 34.

Таблица 34 – Технические методы и технические средства снижения негативного влияния вредных и опасных производственных факторов

Вредный и/или опасный фактор	Средства защиты и технические способы исключения (снижения), вредного и/или опасного фактора	Индивидуальные средства защиты специалиста
2	3	4
Увеличенный шум	Применение всех необходимых индивидуальных средств защиты при выполнении работ, соблюдение режима труда и отдыха	Защитные наушники, спецодежда
Электромагнитные поля	Применение средств индивидуальной защиты, ограничить длительное пребывание специалиста в зоне ЭМП радиочастот	Подставка для оборудования

Продолжение таблицы 34

2	3	4
Опасность получения термических ожогов во время выполнения сварочных работ	Держать сварочное оборудование в тени от прямых солнечных лучей и осадков, применять защитные экраны от светового и искрового воздействия во время сварки, обеспечение цеха вытяжной вентиляцией	Применять диэлектрические перчатки, резиновый ковер, применять индивидуальные средства защиты; спецодежда с огнестойкой пропиткой, сварочные краги, кожаные ботинки, сварочная маска
Опасность поражения электрическим током	Проведение первичных, периодических, внеочередных и плановых проверок знаний, применять запрещающие, предупреждающие, указательные и предписывающие знаки и плакаты, допуск к работам после оформления наряда-допуска	Применять диэлектрические перчатки, боты, галош, изолирующие колпаки на жилы кабелей, указатели напряжения, изолирующие клещи, применение приставных изолирующих стремянок
Отклонение погодных условий	Применение теплой одежды либо приостанавливать работы на время	Утепленный костюм летний, утепленный костюм зимний, костюм хлопчатобумажный, термобелье, резиновые утепленные сапоги, кепка, шапка, перчатки с полимерным покрытием
Опасность от механического воздействия	Не допускать нахождение посторонних лиц в зоне проведения работ, проведение инструктажей с росписью в журнале инструктажей и наряде-допуске, оформление наряда-допуска, обеспечение исправности оборудования и безопасности рабочих мест, обеспечение безопасности при работе на высоте	Соблюдение техники безопасности и правил производственной безопасности, правильно устанавливать и закручивать вращающиеся круги и диски на оборудовании, применять плотную одежду без торчащих ниток, применение фартуков, защитных очков, защитных масок, респираторов или фильтрующих масок и защитных наушников

4.4 Обеспечение пожарной безопасности

На предприятиях промышленного сектора особую значимость приобретает неукоснительное соблюдение регламентированных требований в сфере пожарной безопасности. Данные нормы подразумевают реализацию системы профилактических мер, направленных на предупреждение потенциальных источников возгорания, оперативное реагирование в случае возникновения чрезвычайных ситуаций, а также создание безопасных условий труда для работников. Эффективная организация противопожарной защиты требует не только установки специализированного оборудования, но и регулярного проведения инструктажей, отработки эвакуационных мер, и поддержания высокого уровня осведомлённости персонала.

Для изготовления навеса была «проведена идентификация пожарных рисков и класса пожара, выявлены ключевые опасные факторы пожара, данные приведены в таблице 35.

Разработанные технические средства и организационные меры по обеспечению пожарной безопасности приведены в таблицу 36.

Таблица 35 – Установление классов опасных факторов пожара

Участок	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
2	3	4	5	6
Сварочный участок	Шлифовальная машина, сварочный инвертор, источники питания оборудования	А, Е	Повышенная задымленность на участке, сварные провода с открытой изоляцией искры и пламя; пониженная концентрация кислорода; ограниченная видимость из-за дыма	Оставленная промасленная ветошь, горячие изделия вблизи воспламеняющихся предметов, замыкание электрооборудования, искры вблизи легковоспламеняющихся веществ, оставление перчаток или промасленной ветоши на сварочных баллонах
Сборочная площадка	Сварочный инвертор, сварочные баллоны со смесью газов, аккумуляторный шуруповерт, источник питания, кран-манипулятор (КМУ)	В	Порезы на сварочном кабеле при работе; искры и пламя; плохая защита сварочного и вспомогательного оборудования от погодных воздействий, угроза взрыва сварочных баллонов от попадания грязных и промасленных предметов	Короткое замыкание электрооборудования, негативные термохимические воздействия на человека, получение травм при работе на высоте

Таблица 36 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки и системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства (СИЗ) и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарная сигнализация, связь и оповещение
Огнетушители, или углекислотные ОУ-10 или один огнетушитель ОП-100 (ОП-50 2 шт.); ёмкость с песком, ведра	пожарная техника (специализированный расчет), цистерны со специальным веществом против возгорания	стационарные автоматические установки и пожаротушения (вертикальные и горизонтальные металлические трубопроводы соединительными головками и на стенах здания)	извещательные пожарные приборы приёмно-контрольные пожарные, технические средства оповещения и управления эвакуацией	пожарный инвентарь, огнетушители, пожарные щиты и стенды, гидранты	план эвакуации, теплоотражающая одежда, изолирующие противогазы и самоспасатели для защиты органов дыхания, скафандры, пожарные краги	Немеханизированные инструменты – пожарные багры, ведра конусные, лом, лопаты штыковые, топоры, гидравлические ножницы для резки арматуры	система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре – извещатели, датчики, тепловые извещатели, световые извещатели, пожарная сигнализация, ручные извещатели

На данный момент спектр мероприятий охватывает разнообразные направления, включая тщательную проверку и согласование проектной документации, жесткий мониторинг выполнения противопожарных регламентов, систематизацию и обработку информации, а также регулярное обучение персонала для повышения их профессионального уровня. Подобные

действия направлены на поддержание безопасности и соответствие актуальным производственным стандартам. Комплекс мер по организации противопожарной защиты представлен в таблице 37.

Таблица 37 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Технологическая операция и производственный процесс на участке	Виды реализуемых мероприятий по обеспечению пожарной безопасности	Нормативные требования, по обеспечению пожарной безопасности
1	2	3
1) Изготовление навеса для автомобиля;	Обеспечения высокой культуры производства, содержание сварочного и станочного оборудования в исправном и чистом состоянии, а также сварочных материалов, проведение инструктажей правил предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания	Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
2) Сварочный участок	Немедленное устранение и/или ограничение распространения огня с применением систем автоматического пожаротушения и огнетушителей, средств сигнализации	ГОСТ 12.03.047-2012 «Пожарная безопасность технологических процессов»
3) Производственный объект (сборка и сварка в полевых условиях)	Применение специальных барьерных систем, предотвращающих распространение дыма, организационный вывод всех находящихся в здании людей в заранее определенные безопасные места.	ГОСТ 12.03.003-86 ССБТ Работы электросварочные требования безопасности ПОТ Р М 020-2001 Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах

4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Промышленное производство – основной элемент современной жизни, однако его бесконтрольный рост грозит серьёзными экологическими проблемами. Выделю главные угрозы для природы от промышленности:

- образование отходов (включая твёрдые и жидкие формы),
- перенасыщение промышленными объектами (высокая плотность предприятий на малых площадях),
- выделение вредных веществ (токсичные газы и продукты сгорания, попадающие в воздух),
- деградация ресурсной базы (чрезмерная добыча минеральных и ископаемых ресурсов),
- загрязнение гидросферы (сброс неочищенных промышленных отходов в водоёмы).

В таблице 38 отражена оценка возможных экологических рисков, возникающих в процессе производства автомобильного навеса и способных оказать неблагоприятные воздействия на экосистему.

Таблица 38 – Установление негативных экологических факторов при изготовлении конструкции

Технологический процесс	Ключевые элементы организации производственного-технологического цикла	Негативное влияние объекта на окружающую атмосферу	Негативное влияние объекта на гидросферу	Негативное влияние объекта на литосферу
Изготовление навеса	Механическая обработка металла, механическая зачистка поверхностей от ржавчины, окраска и сварка, работа двигателя внутреннего сгорания	Образование мелкой пыли, вредные выбросы газов в атмосферу; вибрации; световое излучение; шум Возможное решение: чистка имеющихся вытяжных систем, установка фильтров, переход на экологичные источники энергии, снижение транспортных выбросов – выключение двигателя	Рост объёмов производственных отходов Возможное решение: Раздельная переработка производственных отходов на специально оборудованных площадках; своевременный вывоз отходов; недопустимость сброса любых отходов в водоёмы	Накопление на почвах аэрозоли от сварки – твердые и газообразные токсические вещества (твердые тяжёлые металлы и оксиды) Решение: применение в полевых условиях мобильной системы вытяжной вентиляции; посадка деревьев; создание гидротехнических сооружений; внесение удобрений

Комплексный перечень природоохранных мероприятий, направлен на минимизацию вредного антропогенного воздействия, на экосистему, представлен в сводной таблице 39.

Данные меры включают в себя современные технологические решения, организационные стратегии и превентивные действия, призванные сократить уровень загрязнения, восстановить нарушенные природные объекты и создать условия для устойчивого развития территории.

В рамках экологически ответственной организации рабочего пространства предусмотрен сбор и утилизация различных категорий отходов в специализированные контейнеры для твердых технических отходов так и для отдельных токсичных отходов, образующихся в процессе производственной деятельности по изготовлению автомобильного навеса.

Таблица 39 – Предлагаемые мероприятия по снижению и борьбе с негативными экологическими факторами на окружающую среду

Рассматриваемый экологический объект	Механизированная сварка
Мероприятия по борьбе и/или снижению вредного влияния на атмосферу	Использование систем вытяжной вентиляции стационарной/мобильной (на выезде)
Действия, нацеленные на исключение и/или снижения антропогенного воздействия на гидросферу	Утилизирование оставшихся горючих и смазочных веществ и отходов в предназначенные для этого ёмкости или отведенные места, контроль токсичных утечек в среду
Комплекс мер по защите земельных ресурсов от антропогенного загрязнения	Размещение ёмкостей для твердых технических отходов, ёмкостей для токсичных отходов (ведра с краской), сбор оставшихся упаковок и др., после сварки и их утилизация в специальные ёмкости.

Выводы экологичности и безопасности технологического объекта

В данной главе рассматриваются вопросы выявления и оценки вредных производственных и экологических факторов, возникающих при выполнении сборочно-сварочных работ на проектируемой конструкции. В ходе изучения технологических особенностей изготовления навеса методом механизированной сварки в защитных газах сплошной проволокой были определены ключевые источники опасности для персонала. На основе проведённого анализа разработаны практические меры, направленные на снижение или полное устранение негативного воздействия выявленных факторов.

Отдельное внимание уделено противопожарной защите: составлен комплекс превентивных мероприятий для минимизации рисков возгорания, определены основные причины пожароопасных ситуаций и предложены эффективные способы их предотвращения.

Проведенный анализ экологических рисков технологического процесса выявил потенциальную опасность предлагаемых решений для ключевых природных систем окружающей среды – литосферы, гидросферы и атмосферы.

В представленной главе сформулирован комплекс превентивных мер, позволяющих существенно уменьшить негативное влияние производственных факторов на окружающую среду.

Глава 5 Оценка экономической эффективности технологии

5.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки

Таблица 40 – Исходные данные для вычисления эффективности

Экономический параметр	Обозначение показателей расчётных формул	Единица измерения показателя	Значение показателя по отношению базовой и проектной технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Квалификация специалиста/разряд	P_p	-	V	V
Часовая тарифная ставка занятого специалиста	$C_{\text{ч}}$	Р/час	250	250
Количество суточных смен установленных для выполнения технологической операции	$K_{\text{см}}$	-	1	1
Значение коэффициентов фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{\text{доп}}$	%	12	12
- отчислений на доп. заработную плату	$K_{\text{д}}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{\text{сн}}$	%	34	34
- выполнения плана/нормы	$K_{\text{вн}}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, применяемого для выполнения технологического процесса	$C_{\text{об}}$	Руб.	2034000 млн.	2170000 млн.
Принятый показатель установленной мощности оборудования для выполнения технологических операций	$M_{\text{уст}}$	кВт	40	25
Принятые показатели коэффициентов для расчёта расходов на оборудование:				
- норма амортизации оборудования	$H_{\text{а}}$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{\text{т}} - 3$	%	5	5

Продолжение таблицы 40

1	2	3	4	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{\text{мон}}$ $K_{\text{дем}}$	%	5	5
- тариф электрической энергии питающей оборудования при выполнении технологической операции	Цэ-э	Р/кВт	3,2	3,2
- коэффициент полезного действия применяемого для выполнения технологического процесса	КПД	-	0,7	0,85
Совокупная площадь под оборудование, применяемое для технологического процесса	S	м ²	132	132
Принятые показатели коэффициентов и значения для расчёта расходов на площади:				
- тариф эксплуатации площадей	Сэксп	(Р/м ²)/год	3000	3000
- цена производственных площадей	Цпл	Р/м ²		
- норма амортизации для производственных площадей	На.пл	%	5	5
-коэффициент дополнительной производственной площади	Кпл	-	3	3
Принятые знач., коэф-в., и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
-коэффициент расходов участка	Кцех	-	1,5	1,5
-коэффициент заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15
-коэффициент эффективности капитальных инвестиций	Ен	-	0,33	0,33

5.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

При выполнении базовой и проектной технологии сварки конструктивных элементов планируется задействовать специализированное оборудование и квалифицированный персонал, обеспечивающий технологический процесс.

Необходимо определить фонд времени оборудования для последующего расчёта расходов на оплату труда, амортизацию техники и использованию производственных площадей. Для базовой и проектной технологии фонда времени, а также работа оборудования будет идентична.

Расчётные параметры и коэффициенты выбираются на основании исходных данных, приведённых в таблице 40.

Совокупное число рабочих смен в календарном году будет

$D_p = 277$ дней, продолжительность раб. смены $T_{см} = 8$ часов, объем предпраздничных дней $D_{п} = 9$ дней, сокращение длительности раб. смены в часах, в предпраздничные дни $T_{п} = 1$ (час), по таблице, приняли количество рабочих смен для технологического процесса $K_{см} = 1$.

На основании представленной зависимости производится расчёт фонда времени, по следующей зависимости:

$$F_H = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} \quad (5)$$

Согласно формуле (5) расставляя численные значения и коэффициентов, имеющих из исходных данных:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 9 \cdot 1) \cdot 1 = 2207 \text{ ч}$$

Фонд времени сварочного оборудования, применяемый для осуществления операций по базовому и проектному методу технологии.

Формируется с учётом процента ожидаемых потерь рабочего времени

$$B = 7\%:$$

$$F_{\text{Э}} = F_{\text{Н}} \left(1 - \frac{B}{100} \right) \quad (6)$$

Расчёт, согласно (6) расставляя численные значения и коэффициенты из исходных данных:

$$F_{\text{Э}} = 2207 \cdot (1 - 7/100) = 2052 \text{ ч}$$

5.3 Расчёт штучного времени

Штучное время на подготовку конструктивных материалов к сборке, монтажу и сварки навеса: по базовой и проектной технологии, с учётом нормирования. Штучное время $t_{\text{шт}}$ – сумма трудозатрат времени; времени машинного $t_{\text{маш}}$ – (выполнение основных операций технологического процесса); вспомогательного (выполнение вспомогательных операций технологического процесса времени) $t_{\text{всп}}$; времени на обслуживания (время на мелкий и текущий ремонт оборудования) $t_{\text{обсл}}$; времени $t_{\text{отд}}$ – на личный отдых специалистов; подготовительно-заключительного времени $t_{\text{п-з}}$;

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} + t_{\text{п-з}} \quad (7)$$

Рассчитанное машинное время для базового и проектного метода технологии, согласно (8) составим:

$$t_{\text{шт. баз}} = 40 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 137 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт. проектн}} = 25 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 106 \text{ ч.}$$

Годовая программа $П_{\text{Г}}$, сварка рассчитывается исходя из проведённых расчётов по форме (6) эффективного фонда времени $F_{\text{Э}}$ и по формуле согласно (7) штучного времени $t_{\text{шт}}$:

$$П_{\text{Г}} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (8)$$

Годовая программа для базовой и проектной технологии рассчитана согласно (8) после подстановки значений:

$$Пг. баз = 2052/137 = 14 \text{ навесов за год,}$$

$$Пг. проектн = 2052/106 = 19 \text{ навесов за год.}$$

Экономическую эффективность проектной технологии выполняем для годовой программы $Пг = 10$ навесов в год.

Следует обозначить необходимое количество $n_{расч}$ оборудования для изготовления навеса по базовой и проектной технологии изготовления.

Рассчитывается с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнение норм (для базового и проектного метода, принимаем $K_{вн} = 1,03$):

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot \frac{Пг}{Fэ \cdot K_{вн}} \quad (9)$$

Необходимое кол-во оборудования $n_{расч}$ для обеих технологий, рассчитано согласно (9), составляет:

$$n_{расч. баз} = \frac{137 \cdot 10}{2052 \cdot 1,03} = 0,65,$$

$$n_{расч. пр} = \frac{106 \cdot 10}{2052 \cdot 1,03} = 0,50.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое полагается использовать в технологическом процессе, устанавливается исходя из расчётов сделанных ранее, согласно (9). Принимаем по одной единице оборудования ($n_{пр} = 1$). Коэффициент загрузки оборудования – K , будет:

$$Kз = \frac{n_{расч}}{n_{пр}} \quad (10)$$

Показатели коэффициентов загрузки $Kз$ для технологий составляют:

$$Kзб = 0,65/1 = 0,65,$$

$$Kзп = 0,50/1 = 0,5.$$

5.4 Расчёт заводской себестоимости базовой и проектной технологии

В процессе выполнения дуговой сварки или дуговой сварки в среде защитных газов, предусматривается расход сварочных материалов.

При сварке штучными электродами расходниками являются сварочные электроды. Для механизированной сварки в среде защитных газов, расходными элементами является защитный газ и сварочная проволока.

Расходы M на сварочные материалы определяем с учётом нормы расходов H_p цены сварных материалов C_m и коэффициента $K_{т-з}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{т-з} - з \quad (11)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (11) для базовой и проектной технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = 3506 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = 1993 + 10000 = 11993 \text{ руб.}$$

Массив основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ специалистов, занятых изготовлением операции по обеим технологиям рассчитываем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и коэффициента K_d доплат:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_d \quad (12)$$

Основная заработная плата специалистов для базового и проектного метода после подстановки чисел в формулу (12) составит:

$$Z_{\text{осн. баз.}} = 137 \cdot 250 \cdot 1,88 = 64\,390 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн. проектн.}} = 106 \cdot 250 \cdot 1,88 = 49\,820 \text{ руб.}$$

Сумма дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ специалистов, занятых изготовлением операций по базовой и проектной технологии, считаем с учётом

основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12\%$):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot \frac{K_{\text{доп}}}{100} \quad (13)$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ специалиста, осуществляющих операцию по базовому и проектному методу, рассчитана согласно (13) после подстановки показателей составит:

$$Z_{\text{доп. базов.}} = 64\,390 \cdot 12/100 = 7726 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{доп. проектн.}} = 49820 \cdot 12/100 = 5978 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ находится как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ специалистов, осуществляющих операцию по базовому и проектному методу:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 64\,390 + 7726 = 72116 \text{ руб.},$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 49820 + 5978 = 55798 \text{ руб.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды устанавливаем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot \frac{K_{\text{сн}}}{100} \quad (14)$$

Отчисления на социальные нужды по обеим технологиям после расстановки в (14) соответствующих показателей:

$$O_{\text{сн баз.}} = 72116 \cdot 34/100 = 24519 \text{ руб.},$$

$$O_{\text{сн проектн.}} = 55798 \cdot 34/100 = 18971 \text{ руб.}$$

Затраты на оборудование в таблице 41 для обеих технологий.

Таблица 41 – Затраты на оборудование для обеих технологий

№	Наименование	Количество, шт	Цена ед., руб.	Базовая технология изготовления
1	Ленточнопильный станок	1	188500	Базовая технология изготовления
2	Гильотинные ножницы	1	1600000	
3	Точильно-шлифовальный ст-к	1	191700	
4	Сварочный инвертор	1	35000	
5	Шлифовальная машина	1	10600	
6	Шурупверт	1	8100	
Итого			2034000	
1	Механизм подачи проволоки	1	42100	Проектная технология изготовления
2	Полуавтомат Форсаж-502	1	119000	
3	Сварочные баллоны	3	10000	
4	Ленточнопильный станок	1	188500	
5	Гильотинные ножницы	1	1600000	
6	Точильно-шлифовальный ст-к	1	191700	
7	Шлифовальная машина	1	10600	
8	Шурупверт	1	8100	
Итого			2170000	

Затраты $Z_{об}$ на оборудование, применяемое для выполнения технологической операции по базовой и проектной технологии, определяется как сумма затрат $A_{об}$ на амортизацию и $P_{э}$ на электроэнергию:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э} \quad (15)$$

Мера $A_{об}$ амортизации оборудования рассчитывают исходя из цены оборудования $C_{об}$, нормы амортизации N_a , машинного времени $t_{маш}$ и эффективного фонда времени $F_э$ с применением следующей зависимости:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot N_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100} \quad (16)$$

Амортизация оборудования, которое используется для выполнения операции по базовой и проектной технологии, после расстановки в (16) соответствующих показателей, составляет:

$$A_{об. баз.} = 2034000 \cdot 21,5 \cdot 137/2052/100 = 29197 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 2170000 \cdot 21,5 \cdot 106/2052/100 = 24100 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{э}$ на электроэнергию для обеих технологий вычисляется с учётом зафиксированной мощности оборудования $M_{уст}$, цены на электроэнергию $C_{э}$ для предприятий, машинного времени $t_{маш}$ и $KПД$ оборудования:

$$P_{э} - Э = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot C_{э} - э}{KПД} \quad (17)$$

Рассчитанные после подстановки значений в (17) показателей расходов на электроэнергию по базовой и проектной технологии составляют:

$$P_{э. баз.} = 137 \cdot 40 \cdot 3,2/0,7 = 25051 \text{ руб.},$$

$$P_{э. пр.} = 106 \cdot 25 \cdot 3,2/0,85 = 9976 \text{ руб.}$$

Полученные после подстановки в (15) соответствующих показателей расходов на оборудование по базовой и проектной технологии составляют:

$$З_{оббаз.} = 29197 + 25051 = 54248 \text{ руб.},$$

$$З_{обпроектн.} = 24100 + 9976 = 34076 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{тех}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $ФЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{сс}$ и затрат на оборудование $З_{об}$:

$$C_{тех} = M + ФЗП + O_{сс} + З_{об} \quad (18)$$

ассчитанная после подстановки в (18) соответствующих показателей технологическая себестоимость по базовой и проектной технологии составляет:

$$\text{Стех.баз.} = 3506 + 72116 + 24519 + 54248 = 154389 \text{ руб.},$$

$$\text{Стех.проектн.} = 11993 + 55798 + 18971 + 34076 = 120838 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}} \quad (19)$$

Рассчитанная после следующей подстановки в (19) показателей цеховой себестоимости по базовой и проектной технологии составляет:

$$C_{\text{цех.баз.}} = 154389 + 1,5 \cdot 64\,390 = 154389 + 96585 = 250974 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{цех.проектн.}} = 120838 + 1,5 \cdot 49820 = 120838 + 74730 = 195568 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}} \quad (20)$$

После подстановки поученного в (20) соответствующих показателей заводская себестоимость по базовой и проектной технологии составляет:

$$C_{\text{зав.баз.}} = 250974 + 1,15 \cdot 64\,390 = 250974 + 74048 = 325022 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{зав.проектн.}} = 195568 + 1,15 \cdot 49820 = 195568 + 57293 = 252861 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости сведена в таблицу 42.

Таблица 42 – Калькуляция цеховой и заводской себестоимости сварки

Название экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый метод технологии	Проектный метод технологии
1. Затраты на материалы	M	3506	11993
2. Фонд заработной платы	$\Phi ЗП$	72116	55798
3. Отчисления на соц. нужды	O_{CH}	24519	18971
4. Затраты на оборудование	$Зоб$	54248	34076
5. Технологическая себестоимость	$C_{тех}$	154389	120838
6. Цеховые расходы	$P_{цех}$	96585	74730
7. Цеховая себестоимость	$C_{цех}$	250974	195568
8. Заводские расходы	$P_{зав}$	74048	57293
9. Заводская себестоимость	$C_{зав}$	325022	252861

5.5 Капитальные затраты базовой и проектной технологии

Капитальные затраты $K_{общ.б.}$ для базовой технологии считаем с учётом остаточной стоимости оборудования $Ц_{об.б.}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ вычисленного для базового метода:

$$K_{общ.б.} = Ц_{об.б.} \cdot K_{з.б.} \quad (21)$$

Остаточная стоимость $Ц_{об.б.}$ оборудования для базовой технологии вычисляем с учётом рыночной стоимости оборудования $Ц_{перв.}$, срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$Ц_{об.б.} = Ц_{перв.} - \left(Ц_{перв.} \cdot T_c \cdot \frac{H_a}{100} \right) \quad (22)$$

Остаточная стоимость оборудования, вычисленная после подстановки в (18) необходимых показателей, составляет:

$$\text{Цоб. баз.} = 2034000 - (2034000 \cdot 2 \cdot 21,5/100) = 1159380 \text{ руб.},$$

$$\text{Кобщ. баз.} = 1 \cdot 1159380 \cdot 0,65 = 753597 \text{ руб.}$$

Капитальные затраты $K_{\text{общ.пр.}}$ для проектной технологии вычисляем как сумму вложений в оборудование $K_{\text{об.пр.}}$, вложений в производственные площади $K_{\text{пл.пр.}}$, сопутствующих вложений $K_{\text{соп.}}$:

$$\text{Кобщ. пр.} = \text{Коб. пр.} + \text{Кпл. пр.} + \text{Ксоп.} \quad (23)$$

Капитальные инвестиции $K_{\text{об.пр.}}$ в оборудование для выполнения операций по проектной технологии рассчитываются с учетом цены на оборудование $\text{Ц}_{\text{об.пр.}}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{т-з}}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з.п.}}$ по проектному методу:

$$\text{Коб. пр.} = \text{Цоб. пр.} \cdot K_{\text{т-з}} \cdot K_{\text{з.п.}} \quad (24)$$

Показатель капитальных вложений в оборудование после расстановки в (20) необходимых значений составит:

$$\text{Коб. пр.} = 2640000 \cdot 1,05 \cdot 0,50 = 1386000 \text{ руб.}$$

Сопровождающие капитальные инвестиции $K_{\text{соп.}}$ по проектной технологии вычисляются с учетом расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{\text{монт}}$ проектного оборудования:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{дем}} + K_{\text{монт}} \quad (25)$$

Затраты на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $\text{Ц}_б$ и $\text{Ц}_{\text{пр}}$ для базовой и проектной технологии, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж применяемого оборудования:

$$K_{\text{дем}} = \text{Цоб. б.} \cdot K_{\text{д}}, \quad (26)$$

$$K_{\text{монт}} = C_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м.}} \#(27)$$

Соответствующие капитальные вложения для проектной технологии, рассчитаны после подстановки в (25), (26), (27) сопутствующих значений:

$$K_{\text{дем}} = 2034000 \cdot 0,05 = 101700 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 2170000 \cdot 0,05 = 108500 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 101700 + 108500 = 210200 \text{ руб.}$$

Капитальные расходы для проектного метода, вычисленные после подстановки в (23) показателей:

$$K_{\text{общ. пр}} = 1386000 + 210200 = 1596200 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные инвестиции $K_{\text{доп}}$ считаем, основываясь из капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ и $K_{\text{общ. б.}}$ для проектной и базовой технологии:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общ. пр.}} - K_{\text{общ. б.}} \quad (28)$$

$$K_{\text{доп}} = 1596200 - 753597 = 842603 \text{ руб.}$$

Объём удельных капитальных инвестиций $K_{\text{уд}}$ вычисляется с учетом годовой программы $П_{\text{г}}$:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{П_{\text{г}}} \quad (29)$$

Затем, подставляем соответствующие показатели в (29) формуле:

$$K_{\text{уд. баз.}} = 753597/10 = 75360 \text{ руб./ед.},$$

$$K_{\text{уд. проектн.}} = 1596200/10 = 159620 \text{ руб./ед.}$$

5.6 Показатели экономической эффективности изготовления

Подсчёт снижения трудоемкости $\Delta t_{шт}$ для внедрения в производство проектной технологии, осуществим с учетом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовой и проектной технологии:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{шт.б.} - t_{шт.пр.}}{t_{шт.б.}} \cdot 100\% \quad (30)$$

Расчетное снижение трудоемкости согласно формуле (30) выходит:

$$\Delta t_{шт} = \frac{137 - 106}{106} \cdot 100\% = 30\%$$

Подсчет повышения производительности труда $П_{т}$ при введении в производство проектной технологии, для этого выполним с учетом подсчитанного выше снижения трудоемкости $\Delta t_{шт}$:

$$П_{т} = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (31)$$

Учитываем расчетное увеличение производительности труда в соответствии (31) составило:

$$П_{т} = \frac{100 \cdot 30}{100 - 30} = 43\%$$

Расчет сжижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ при введении в производство проектной технологии выполняется согласно формуле:

$$\Delta C_{тех} = \frac{C_{тех} - C_{тех.пр.}}{C_{тех.б.}} \cdot 100\% \quad (32)$$

Рассчитанное снижение технологической себестоимости согласно (32) составило следующее:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{154389 - 120838}{154389} \cdot 100\% = 21\%$$

Расчет относительно годовой экономии $Pr_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), получают, при осуществлении включения проектной технологии в производство, рассчитаем следующим образом:

$$Pr_{\text{ож}} = \text{Эу. г.} = (C_{\text{за}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}}) \cdot \Pi_{\text{г}} \quad (33)$$

Прогнозируемая прибыль после подстановки в формуле (33) соответствующих показателей составила:

$$\text{Эу. г.} = (325022 - 252861) \cdot 10 = 721610 \text{ руб.}$$

Длительность окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений вычислим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уг}}} \quad (34)$$

Длительность окупаемости после подстановки в (34) формуле соответствующих показателей составил:

$$T_{\text{ок}} = \frac{842603}{721610} = 1,1$$

Годовой экономический эффект $\text{Э}_{\text{г}}$, извлекаемый при включении проектной технологии вычислим следующим образом:

$$\text{Э}_{\text{г}} = C_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (35)$$

После подстановки в (35) соответствующих показателей, получаем годовой экономический эффект:

$$\text{Э}_{\text{г}} = 721610 - 0,33 \cdot 842603 = 443551 \text{ руб.}$$

Вывод по экономической главе

Для изготовления навеса предложено несколько технологий изготовления, в первом варианте это базовая технология сборки и сварки ферм, навеса, в технологии применяется исключительно ручная дуговая сварка штучным электродом. В ходе анализа были выделены недостатки использования ручной дуговой сварки: малая производительность, большое тепловложение в тонкий металл, из-за чего есть риск деформации и изгиба конструкции, тяжёлые условия работы для средне и крупносерийного производства, большая трудоёмкость из-за необходимости зачистки изделия от шлака и капель на поверхности.

Проектная технология изготовления предполагает переход от ручного дугового процесса к механизированному процессу, который включает:

- сварку в газовой среде, применение омеднённой проволоки, применение импульсной подачи проволоки (ИПЭП).

Замена способа сварки позволяет достичь повышения производительность сварки, её качество, стабильность, уменьшить разбрызгивание, а также позволит устранить либо снизить трудоёмкость зачистки конструкции после её сварки.

Экономическое обоснование подтверждает значительный рост эффективности от внедрения новой технологии производства. Переход на усовершенствованный способ позволяет одновременно добиться трех ключевых преимуществ: сокращение трудозатрат на 30%, рост производительности на 43% и уменьшение себестоимости технологических операций на 21%.

Финансовая выгода от модернизации выражается в годовой экономии 721 тыс. рублей. При совокупном экономическом эффекте 443 тыс. рублей в год. Капитальные вложения в новое оборудование окупятся за 1,1, что свидетельствует положительной рентабельности проектной технологии.

Заключение

В рамках дипломного проекта разработана инженерная методика изготовления автомобильного навеса, обеспечивающая существенное улучшение производительности и качества сварных соединений.

Базовая технология изготовления, такая технология в которой применяется только ручная дуговая сварка штучным электродом. В ходе анализа определены недостатки использования ручной дуговой сварки электродом: не высокая производительность, большое тепловложение в тонкий металл, из-за чего есть риск деформации и изгиба конструкции, тяжёлые условия работы для средне и крупносерийного производства, большая трудоёмкость из-за необходимости зачистки изделия от шлака и капель на поверхности.

Оценка преимуществ возможных способов сварки и влияния сварки на свариваемый материал позволила обосновать выбор механизированной сварки проволокой сплошного сечения в защитных смесях вместо ручной дуговой сварки электродом.

При изучении способов повышения эффективности выбранного способа сварки – механизированная сварка в защитных газах, приняты результаты научно-исследовательских работ следующих авторов: Павлов, Н.В. Крюков, А.В. Кузнецов, Н.Е. В области сварочного аэрозоля при различных способах механизированной сварки в защитном газе и смесях, с применением «ИПЭП – импульсная подача электродной проволоки».

И работы авторов: Майстренко Н.Ю., Проскурин В.Д. В области выявления зависимости между защитной газовой средой и влияния металла шва к образованию кристаллизационных напряжений.

В ходе работы предложено на основе результатов исследований использовать импульсный режим подачи электродной проволоки для сварки.

И следующей возможностью для механизированной сварки заменить «углекислоту» на смесь газов «аргон + углекислота».

Применение механизированной сварки в защитных газах и смесях сплошной проволокой при изготовлении навеса позволило выявить ключевые производственные риски. На основе проведённого анализа разработан комплекс эффективных мер, направленных на полное устранение или значительное снижение воздействия опасных факторов на персонал.

При этом годовой экономический эффект при введении проектной технологии составил 443 тыс. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составил 1,1 год.

В заключение для изготовления навеса был проведён комплекс, подготовительных, расчётных и улучшающих мероприятий направленных на изготовление надёжной и долговечной конструкции для автомобиля, а повышение качество сварки и уменьшения выделений сварочных аэрозолей обеспечило чистоту и менее трудоёмкие условия работы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н. П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений : учеб. пособие для вузов / Н. П. Алешин. - Гриф МО. - М. : Машиностроение, 2006. - 367 с.
2. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3) - docs.cntd.ru
3. ГОСТ Р ИСО 17637-2014 Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением (Переиздание)
4. Горина, Л. Н. Техносферная безопасность. Выполнение выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы): учебно-методическое пособие / Л. Н. Горина. — Тольятти: ТГУ, 2023. 52 с.
5. Горина, Л. Н., Фесина, М. И. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учеб.-метод. пособие. / Л. Н. Горина. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2023. 52 с.
6. Ефименко, Л. А., Прыгаев, А. К., Елагина, О. Ю. Металловедение и термическая обработка сварных соединений: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2007. – 456 с.
7. Краснопевцева, И. В. Экономика и управление производством: учеб.-метод. пособие / И. В. Краснопевцева. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. 63 с.
8. Крюков, А. В. Повышение эффективности механизированной сварки в СО₂ за счёт применения импульсной подачи электродной проволоки: автореф. дис. канд. тех. наук. – Барнаул, 2008. 15 с.
9. Куркин, А. С., Лукьянов, В. Ф. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: учебник для вузов. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. 264 с.

10. Майстренко, Н. Ю. Повышение стойкости шва к возникновению кристаллизационных трещин при сварке ст3сп посредством замены углекислого газа на смесь газов // Шаг в науку. 2017. № 3. С. 66–69.
11. Маслов, Б. Г. Неразрушающий контроль сварных соединений и изделий в машиностроении: учеб. пособие для вузов / Б. Г. Маслов. - Гриф УМО. - М. : Академия, 2008. - 271 с.
12. Масанский, О. А., Казаков, С., Токмин, А. М. и др. Материаловедение и технологии конструкционных материалов. – Красноярск: СФУ, 2019. 336 с.
13. Митюгов, Е. А. Курс металлических конструкций: Учебник. – Москва: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 120 с.
14. Нехаев, Г. А., Захарова, И. А. Металлические конструкции в примерах и задачах: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. 128 с.
15. Овчинников, В. В. Подготовительно-сварочные работы: учебник для учреждений СПО / В. В. Овчинников. – Академия, 2017. № 2. 189 с.
16. Павлов, Н. В., Крюков, А. В., Кузнецов, Н. Е. Сравнительные санитарно-гигиенические характеристики способов сварки плавящимся электродом в защитных газах // Технологии и материалы. – Югра, 2016. № 3. С. 22–25.
17. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному и измерительному контролю
18. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. – М.: Машиностроение, 1978. – Т. 2 / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.
19. Смирнов, И. В. Сварка специальных сталей и сплавов: учебное пособие для вузов / И. В. Смирнов. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2023. № 4. 268 с.
20. Черепашин, А. А., Виноградов, В. М. Технология сварочных работ: учебник для учреждений СПО. – Юрайт, 2017. № 2. 273 с.

21. Юхин, Н. А., Ворновицкий, И. Н. Выбор сварочного электрода: учебно-справочное пособие. – М.: Соуэло, 2008.
22. Kobayashi, M., Maki, S., Hashimoto, V., Suga, T. Quelques considerations sur le mecanisme deformation des fumes de soudage // Soudage et technigue connexes. – 1979. – № 3/4. – P. 124–131.
23. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
24. Michael, A. R. Welding Complete: Techniques, Project Plans & Instructions, 2nd Edition. – Cool Springs Press, 2017. – 240 p.
25. Packer, J. A., Henderson, J. E. Hollow Structural Section Connections. – 1992. – P. 465.
26. Rizvanov, R. G., Mulikov, D. Sh., Karetnikov, D. V., Cherepashkin, S. E., Shirgazina, R. F. Corrosion Resistance of "Tube - Tubesheet" Weld Joint Obtained by Friction Welding // Nanotechnologies in Construction. – 2017. – Vol. 9, No. 4. – P. 97–115.
27. Wang, F., Hou, W. K., Hu, S. J. Modelling and analysis of metal transfer in gas metal arc welding // J. Phys. D: Applied Physics. – 2003. – Vol. 36. – P. 1–19.

Приложение

На рисунке изображен навес для автомобиля с указанием применяемых материалов и мест сварки (рисунок 66):

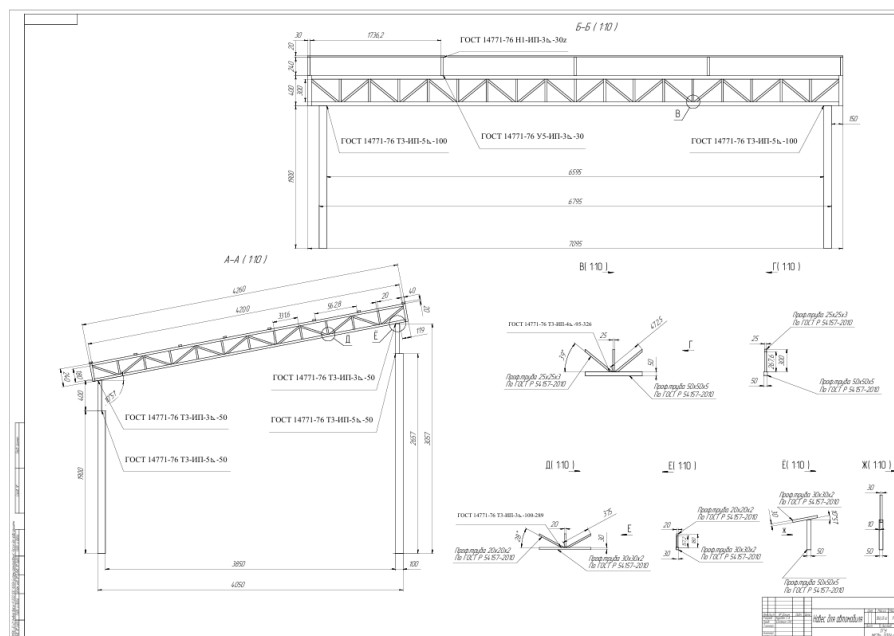


Рисунок 66 – Навес для автомобиля

Навес состоит из профильных труб, сталей 09Г2С, ст3пс, ст3. Габаритные размеры навеса; ширина 4260 мм, высота 3338 мм, размер для автомобиля внутри 3850 мм, навес выполнен из труб 100×100×4 мм, 50×50×5 мм, 25×25×3 мм, 30×30×2 мм, 20×20×2 мм. В навесе применяются прямоугольные продольные фермы в количестве 2 штук с габаритными размерами; 7095×400 мм, а также поперечные фермы в количестве 5 штук с габаритными размерами; 4260×240 мм. Применяемый профилированный настил для навеса - С21-1000-0,7 мм, в количестве 7 штук. Общая масса навеса 866,6 кг.

Навес способен выдерживать нагрузку в 10,430 тонн, это нагрузка с увеличенным коэффициентом снегоотложения с учетом несущего материала.

Максимальная нагрузка снега на навес 8350 кг на площадь 29,82 м².