

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

МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

150202.65 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки, специальности)

профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль), специализация)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему Сварка металлоконструкций промышленных зданий

Студент(ка)

С.П.Рускин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л.Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Дерябин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н, профессор В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2017

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

\_\_\_\_\_  
Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)  
\_\_\_\_\_  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование кафедры)

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

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент \_\_\_\_\_ Рускин Сергей Петрович

1. Тема Сварка металлоконструкций промышленных зданий
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе базовый техпроцесс сварки, материалы преддипломной практики, нормативные документы научно-техническая литература, стандарты, интернет-ресурсы
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение. Актуальность работы, цель работы.  
1) Выбор путей достижения цели работы, анализ конструкции, свойств применяемых сталей, условий эксплуатации, базовой технологии сварки. Анализ перспективных способов сварки, задачи проекта  
2) Выбор режимов сварки, разработка технологических рекомендаций, разработка технологического процесса, механизированной сварки, разработка конструкции приспособления  
3) Мероприятия по защите рабочих и окружающей среды от опасных и вредных факторов  
4) Экономическая эффективность предлагаемых в проекте технических решений)

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Общий вид металлоконструкций – 1 лист

Базовая технология – 2 листа

Анализ возможных способов автоматизации – 1 лист

Проектная технология – 1 лист

Приспособление – 2 листа

Планировка участка сварки – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность проекта

Безопасность и экологичность проекта

Нормоконтроль

7. Дата выдачи задания «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заказчик

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. фамилия)

Руководитель дипломного проекта

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.Л. Федоров

\_\_\_\_\_  
(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

С.П. Русскин

\_\_\_\_\_  
(И.О. фамилия)

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

\_\_\_\_\_  
Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)  
\_\_\_\_\_  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(подпись) \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

СОМДиРП

В.В. Ельцов

(И.О. Фамилия)

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения бакалаврской работы**

Студента \_\_\_\_\_ Русскина Сергея Петровича

по теме *Сварка металлоконструкций больших толщин*

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	1.02.17 – 10.02.17	1.02.17 – 10.02.17	выполнено	
Анализ исходных данных и известных технических решений	10.02.17 – 28.02.17	10.02.17 – 28.02.17	выполнено	
Разработка технологии выбор сварочных материалов	01.03.17 – 30.03.17	01.03.17 – 30.03.17	выполнено	
Выбор оборудования	01.04.17 - 14.04.17	01.04.17 - 14.04.17	выполнено	
Безопасность и экологичность	15.04.17 30.04.17	15.04.17 30.04.17	выполнено	
Экономическая эффективность	01.05.17 – 21.05.17	01.05.17 – 21.05.17	выполнено	

Руководитель бакалаврской работы

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.Л. Федоров

\_\_\_\_\_  
(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_  
(подпись)

С.П. Русскин

\_\_\_\_\_  
(И.О. фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Цель выпускной работы бакалавра: повышение производительности при сварке ферм промышленных зданий.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: подобран способ механизированной сварки деталей фермы; разработан технологический процесс механизированной сварки; разработано приспособление, обеспечивающее фиксацию компонентов фермы при сборке под сварку и прихватке; проанализирована существующая система техники безопасности сварочного участка и предложены мероприятия по ее модернизации в связи с изменившимися обстоятельствами; рассчитана экономическая эффективность.

Проанализирован существующий техпроцесс сварки ферм, требования, предъявляемые к данной металлоконструкции, для устранения выявленных недостатков базовой технологии предложено применить механизированную сварку и сборочную оснастку. Подобрана сварочная проволока и режимы сварки и разработан типовой техпроцесс. Подобрано оборудование для реализации технологии сварки в среде защитных газов - полуавтомат ПДГ-301. Разработана конструкция оснастки, обеспечивающая снижение расхода времени на операции сборки и повышение стабильности геометрии изделия. Для защиты рабочих участвующих в сборке и сварке от вредных и опасных факторов предложены необходимые технические и организационные мероприятия. Расчет экономического эффекта от внедрения разработок составит 278342 руб. Работа состоит из пояснительной записки, в которой 60 страниц, 6 рисунков, 6 таблиц. В графической части 9 листов формата А1.

# СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	8
1 Анализ исходных данных и известных технических решений .....	10
1.1 Описание конструкции и условий эксплуатации ферм перекрытий зданий .....	10
1.2 Свойства материала, из которого изготовлена ферма.....	15
1.3 Анализ базового технологического процесса сварки фермы.....	19
1.4 Анализ возможных технических решений при сварке узлов фермы ...	22
1.5 Анализ возможных вариантов механизации и автоматизации процесса сварки фермы.....	27
1.6. Задачи работы.....	28
2 Разработка технологии сборки и сварки фермы .....	30
2.1 Подготовительные операции .....	30
2.2 Выбор режимов сварки.....	31
2.3 проектная технология сборки и сварки фермы.....	33
3 Разработка оснастки для изготовления фермы .....	36
3.1 Выбор механизмов для фиксации элементов фермы .....	36
3.2 Конструкция оснастки .....	41
3.3. Технология изготовления оснастки .....	42
3.4. Выбор сварочного оборудования .....	43
4 Безопасность и экологичность проекта. ....	45
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта. .....	45
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	46
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	48
4.4 Пожарная и техногенная безопасность рассматриваемого технического объекта.....	49
4.5 Экологическая безопасность участка сварки стыков.....	51
Заклучение по разделу .....	51

5 Экономическая эффективность проекта.....	53
5.1 Исходные данные для экономического обоснования ..... 53	53
сравниваемых вариантов .....	53
5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции	
технологического процесса.....	55
5.3. Капитальные вложения в оборудование.....	56
5.4 Расчет технологической, цеховой заводской себестоимости.....	58
базового и проектного варианта. ....	58
4.5 Расчет экономической эффективности проекта.....	63
Выводы по разделу.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	66
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	67

## ВВЕДЕНИЕ

Строительство промышленных или производственных зданий относится к одному из наиболее сложных видов строительства. У промышленных зданий есть ряд особенностей при проектировании и возведении. Например, соответствие помещений реализуемому производственному процессу, комфорт рабочей среды для производственного персонала, насыщенность инженерным оборудованием и специальными видами транспорта, иногда требуются специфические устройства для нейтрализации выделяемых в процессе производства различных вредностей.

В настоящее время развитие технологий армированного железобетона привело к тому, что большинство промышленных зданий выполняют железобетонными. Однако здания на металлическом каркасе обладают такими преимуществами, как высокая скорость монтажа, меньший вес конструкций здания, прочность и долговечность в эксплуатации. При монтаже промышленных зданий на металлическом каркасе для соединения элементов каркаса, в основном, применяют сварку.

Поэтому разработка новых, передовых технологий соединения элементов каркаса промышленных зданий является актуальной.

Например, практически любое здание состоит из балок или ферм, воспринимающих нагрузку от потолочных перекрытий и технологического оборудования, колонн, передающих нагрузку на фундамент. Следует отметить, что перечисленные элементы каркаса свариваются в производственных условиях и в виде отправных элементов перевозятся на строительную площадку для монтажа. Если принимать во внимание непосредственно сварочные работы, то наибольший их объем приходится на изготовление ферменных перекрытий. Сварка ферм, из-за конструктивных особенностей, производится преимущественно технологией ручной дуговой сварки. Для данной технологии особенностью является низкая производительность и качество сварных соединений. Манипуляции

электродом производится сварщиком вручную, при этом производительность труда невелика, качество соединения зависит от навыков и добросовестности сварщика. Кроме того, сборка фермы и последующая сварка осуществляется на ровной площадке, с использованием простейших средств измерения и фиксации (рулетка, струбины). Качество изготовления фермы по базовой технологии во многом зависит от квалификации и субъективных качеств исполнителей.

Также ручная дуговая сварка производится на строительной площадке, при монтаже, но там объем сварных соединений существенно меньше.

Поэтому, логична следующая формулировка цели бакалаврской работы: «Повышение производительности при сварке ферм промышленных зданий».

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

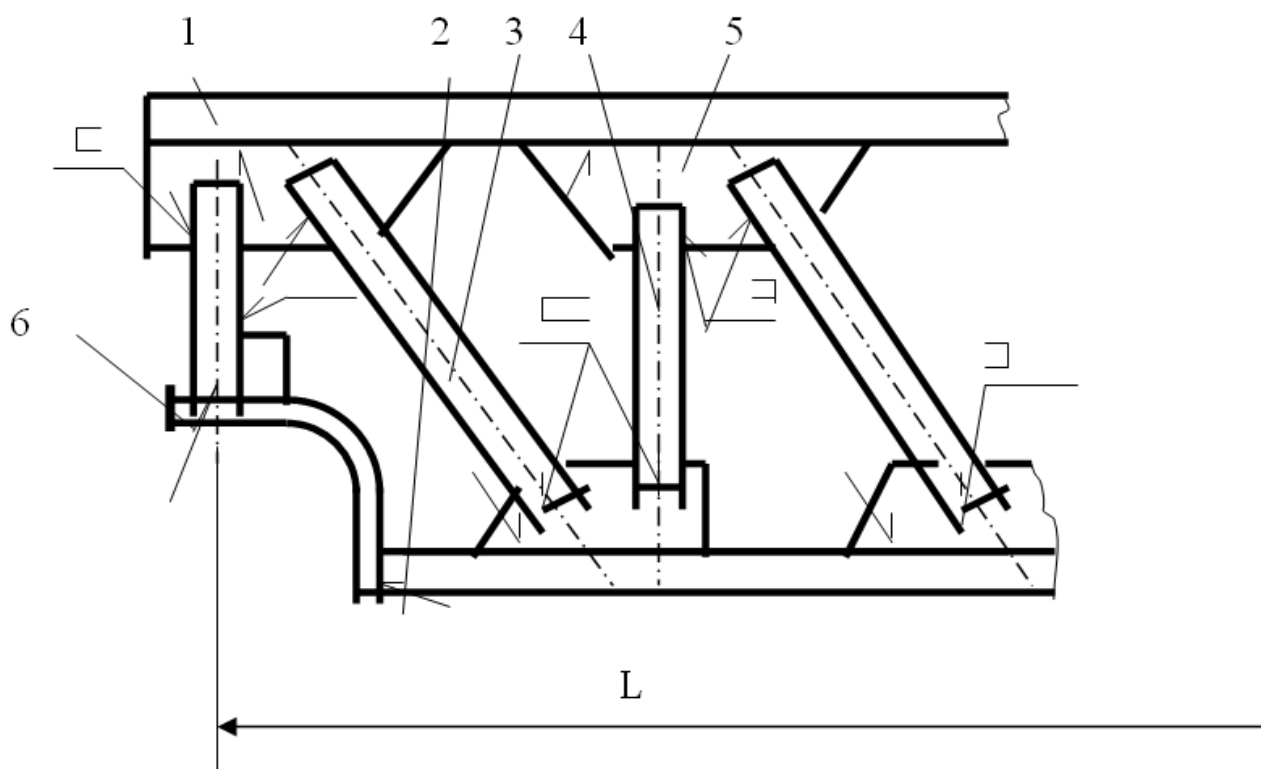
## 1.1 Описание конструкции и условий эксплуатации ферм перекрытий зданий

Фермами называются решетчатые конструкции, работающие на изгиб. Это геометрически неизменяемая сквозная стержневая система, элементы которой шарнирно соединены в узлах. Сварные фермы применяют при больших пролетах, когда использование сварных балок экономически (по расходу металла) нецелесообразно. По сравнению с балками и стойками, фермы – более экономичные элементы сварных конструкций. Особенностью работы фермы в отличие от балок является то, что все ее элементы испытывают только продольные растягивающие или сжимающие усилия. Такой характер нагружения позволяет лучше, полнее использовать несущую способность материала и резко снизить его расход для восприятия и передачи заданной нагрузки.

Конструктивными элементами ферм являются пояса, раскосы, стойки, соединительные элементы (косынки, фланцы). Так, к элементам плоской фермы, рисунок 1.1, относятся верхний пояс 1, нижний пояс 2, раскосы 3, стойки 4, косынки 5, сварные узлы опорных устройств 6.

По структуре решетки фермы классифицируют с треугольной решеткой, рисунок 1.2, а, с раскосной решеткой, рисунок 1.2, б, с треугольной решеткой и дополнительными стойками, с полураскосной решеткой, шпренгельные (рисунок 1.2, в). При конструировании ферм с раскосными решетками лучше проектировать их так, чтобы короткие стержни, стойки, работали на продольный изгиб, а раскосы работали на растяжение. Если нагрузки действуют сверху вниз (например, сила тяжести), более рациональной является схема, изображенная на рисунке 1.1.

По очертанию поясов плоские фермы разделяют на прямоугольные (с параллельными поясами), треугольные (рисунок 3.2, б, д), полигональные

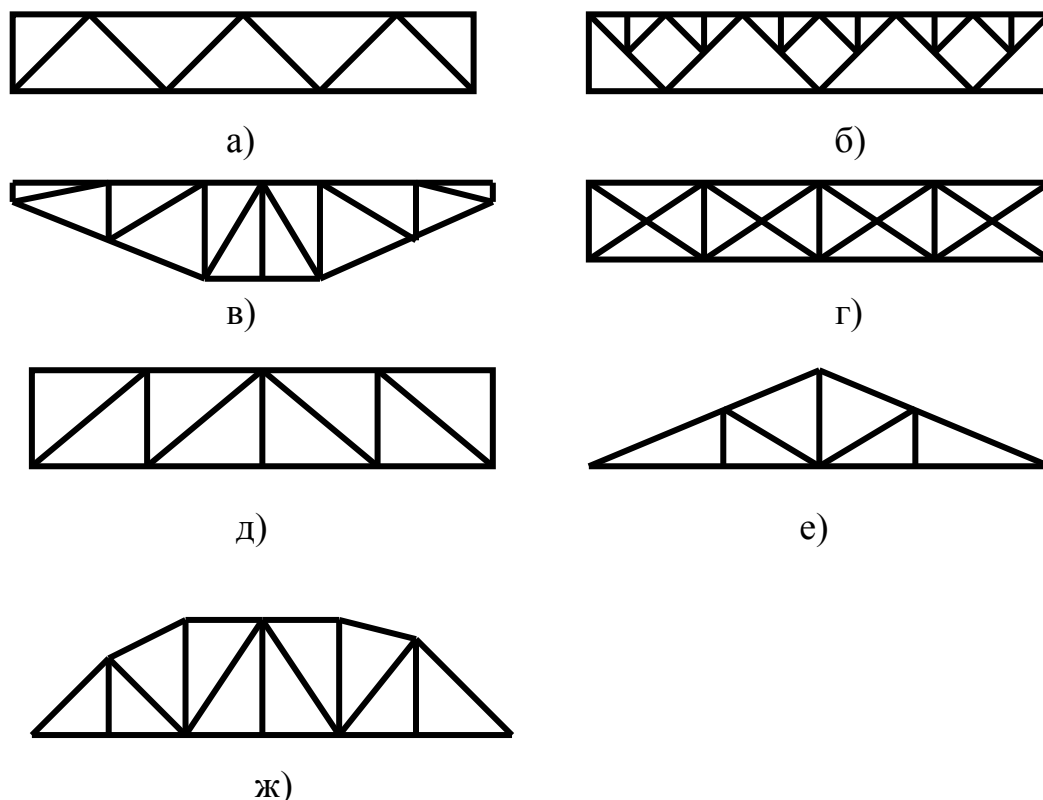


1 – верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – раскос; 4 – стойка; 5 – косынка;  
6 – опорное устройство

Рисунок 1.1 - Элементы плоской фермы:

(рисунок 1.2,е) и арочные (рисунок 1.2, ж). В настоящее время типовые фермы проектируют, как правило, с параллельными поясами и уклоном верхнего пояса до 1,5%, который обеспечивается за счет строительного подъема; эти металлоконструкции обладают наименьшей трудоемкостью в изготовлении за счет унификации элементов решетки и узловых сопряжений.

По расположению элементов в пространстве решетчатые конструкции подразделяют на плоские и пространственные. Приведенные схемы ферм на рис.1.2 показаны в виде плоских систем. Плоские конструкции не воспринимают нагрузки, действующие из плоскости фермы, поэтому их укрепляют за счет связей или из двух и более плоских решетчатых конструкций образуют пространственную систему. Плоские конструкции связывают между собой элементами, называемыми связями. Связи могут располагаться и в вертикальной, и в горизонтальной плоскостях.



а – с треугольной решеткой; б – с треугольной решеткой со шпренгелями; в – арочные ( сегментные); г – со специальными решетками; д – с раскосной треугольной решеткой; е – с раскосной решеткой; ж – арочные (сегментные)

Рисунок 1.2 - Классификация ферм по очертанию поясов и типу решетки

Основными параметрами плоских решетчатых конструкций являются пролет  $L$  (расстояние между опорами), высота  $h$  (рисунок 1.3) и угол наклона раскосов  $\alpha$ . Пролет , как правило, задан, а остальные параметры необходимо выбирать.

При определении размеров фермы высота ее в коньке может быть задана по проекту либо в процессе расчета принята оптимальной с учетом ограничения железнодорожного провозного габарита 3,85 м. Оптимальную высоту фермы определяют в зависимости от пролета фермы и типа решетки и сравнивают с минимальной высотой, которую определяют из условий обеспечения экономичности и жесткости с учетом требований конкретных

условий експлуатації. Для стропильних ферм відношення  $L / h = 6 \dots 10$ , для конструкцій з поясами із сталі з  $R = 300 \dots 350$  МПа висота  $h \geq (1/12 \dots 1/15) L$ , для ферм з прольотом  $18 \dots 30$  м  $h = 1,5 \dots 2,6$  м, для ферм мостових кранів  $L / h = 12 \dots 16$ . Кут  $\alpha$  рекомендується приймати рівним  $45^\circ$  для конструкцій з трикутної ґраткою і  $33^\circ \dots 55^\circ$

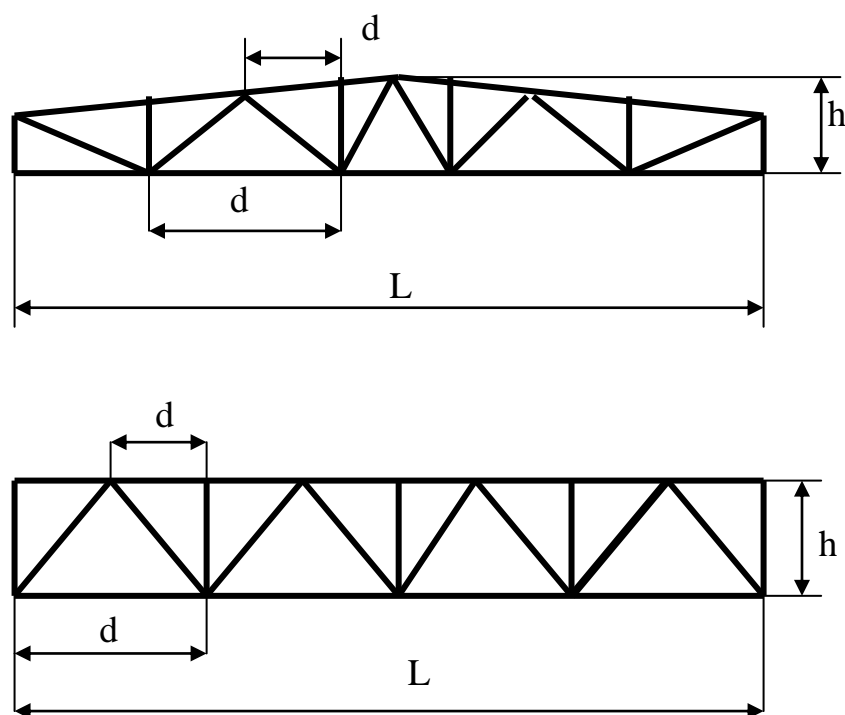


Рисунок 1.3 - Основные параметры ферм

для конструкцій з раскосной ґраткою. Следует отметить что оптимальные отношения  $L / h$  и углы наклона раскосов, при которых масса минимальна, зависят от конкретных нагрузок, действующих на конструкцию, и могут отличаться от приведенных выше значений.

Для того, чтобы элементы фермы не испытывали изгибающих моментов и перерезывающих сил (или имели минимальную их величину), необходимо соблюдать следующие условия: 1) осевые линии элементов должны пересекаться в одной точке; 2) прямолинейность элементов фермы. (рисунок 1.4 ).

Сопряжения в узлах фермы должны быть строго центрированы. Для расчетов приняты фермы с шарнирным соединением элементов в узле;

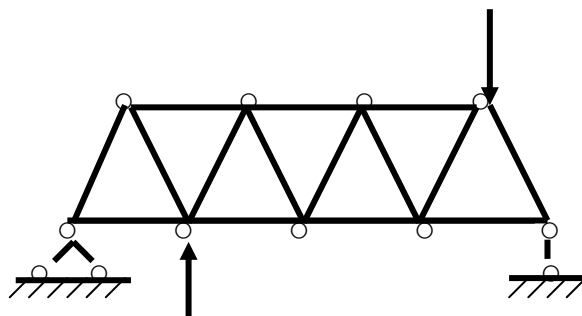


Рисунок 1.4 - Схема передачи нагрузок на фермы

таким образом в элементах конструкции действует только продольная сила.

Заданная ферма, рисунок 1.5., относится к треугольным.

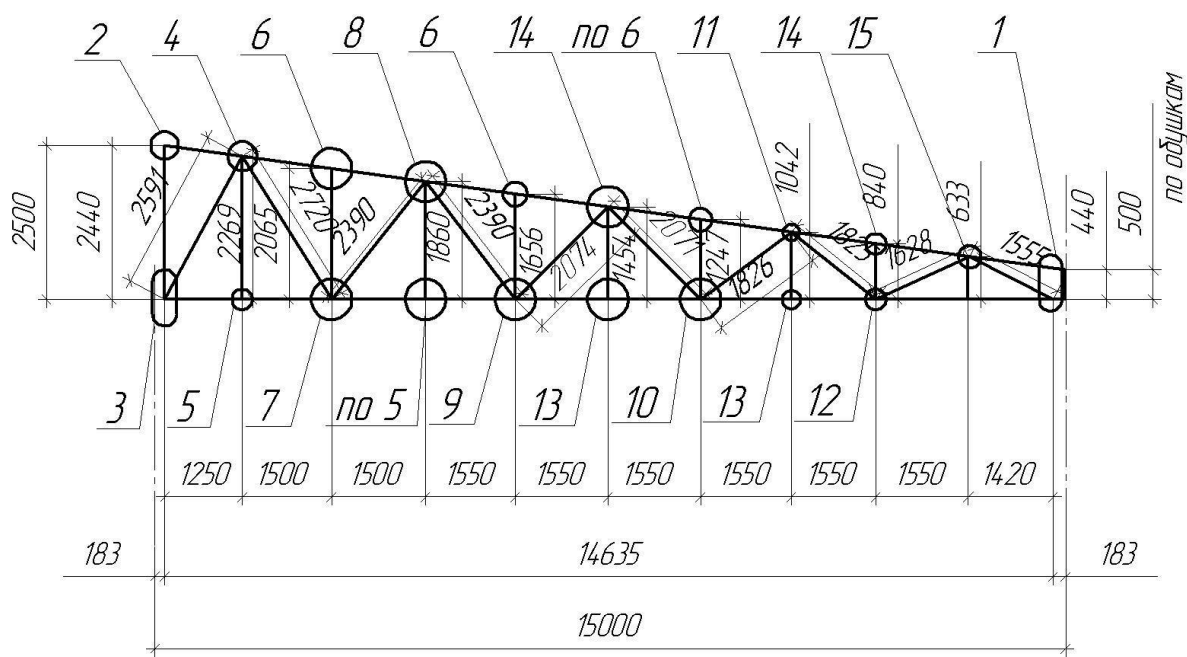


Рисунок 1.5 – Общий вид фермы

Фермы размером пролета 18 м поставляются на монтаж целиком. Фермы пролетом 24 и 30 м – в виде двух отправочных марок длиной 12 или 15 м; при пролете 36 м – в виде трех отправочных марок полетом 12 м. Пролет нашей фермы составляет 15 м. Следовательно, на монтаж она поставляется целиком.

## 1.2 Свойства материала, из которого изготовлена ферма

Ферма выполнена из стали 3 пс. При увеличении содержания углерода в составе стали ее прочность возрастает.

Температурный интервал, в котором могут эксплуатироваться конструкции и изделия из углеродистых сталей находится в диапазоне от  $-40$  до  $+425^{\circ}\text{C}$ , и зависит от содержания в стали химических элементов, степени ее раскисления и структуры. Механические и технологические свойства сталей во многом зависят от степени их раскисления. По критерию раскисляемости выделяют три группы сталей: кипящие (кп), полуспокойные (пс), спокойные (сп). Сталь 3 пс относится к полуспокойным сталям. Важной особенностью данных сталей является ликвация серы и фосфора по толщине проката, что обуславливает их склонность к старению и пониженной стойкости к хрупкому разрушению. Сталь Ст 3 пс применяется для несущих и ненесущих элементов сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Она обладает рядом положительных качеств, что обусловило широкое ее применение в частности в машиностроении и строительстве.

Содержание углерода в углеродистых сталях ограничено верхним пределом, соответствующим 0,22-0,25%. Стали с содержанием углерода 0,3-0,4% применяются реже. Важными с точки зрения как конструктора, так технолога требованиями, предъявляемыми к механическим свойствам сварных соединений, являются обеспечение их равнопрочности сварного соединения и основного металла при отсутствии недопустимых дефектов в металле шва и околошовной зоне.

Технологические свойства сталей определяют возможность получать из них отливки, подвергать обработке давлением, резанием и пр.

Литейные свойства зависят от способности расплава стали заполнять литейную форму. На литейные свойства. Кроме этого, оказывает влияние усадка — сокращение размеров и объема отливки при кристаллизации,

склонность к ликвации — неоднородность химического состава по сечению отливки, вызываемой условиями затвердевания.

Возможность обрабатывать стали давлением характеризуется ковкостью. Ковкость существенно зависит от пластичности, температуры обработки и структуры металла.

Возможность обрабатывать стали резанием характеризует способность стали подвергаться обработке режущими инструментами для получения деталей заданной формы, размеров и шероховатости поверхности.

Перечисленные технологические свойства стали 3 пс хорошие. Эта сталь успешно обрабатывается как резанием так и давлением. Следовательно, ее можно рекомендовать для изготовления металлоконструкций промышленных зданий, в том числе ферм. Хотя стали содержащие большее количество углерода и соответствующие легирующие компоненты обладают более высокими, чем сталь 3 пс механическими свойствами, но их стоимость выше, и у некоторых из них хуже технологические свойства, что, опять таки, влияет на цену металлоконструкции. Снизить массу фермы не такая актуальная задача. Кроме того, условия эксплуатации металлоконструкций промышленных зданий не приводят к воздействию агрессивных сред и высокой влажности, иначе в таком здании будет дискомфортно производственному персоналу. Следовательно, высокая стойкость к коррозии материала фермы не нужна. Таким образом выбор стали Ст 3 пс для материала металлоконструкций промышленных зданий обоснован.

Оценим свариваемость выбранного материала конструкции.

Основное общее определение свариваемости определено в ГОСТ 29273–92: «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, когда свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их

влияния на конструкцию, которую они образуют». Исходя из данной определения свариваемость является комплексной технологической характеристикой.

Хотя научно-технической литературе, справочниках, учебной и литературе, можно встретить разные определения понятия «свариваемость», за основу, все же, необходимо принять определение свариваемости по ГОСТ 29273–92, так как оно соответствует международному стандарту ИСО 581–80.

Таким образом, свариваемость зависит от 4х переменных: материал, технологический процесс, типа конструкции, назначение конструкции. В зависимости от комбинации указанных переменных ГОСТ предусматривает определение свариваемости для каждого конкретного случая.

Эксплуатационные показатели сварной металлоконструкции регламентированы нормативно-технической документацией на изделие. Данные показатели зависят от назначения и условий эксплуатации сварного изделия. Если эксплуатационные показатели свариваемого изделия находятся в пределах, задаваемых техническими требованиями, то считается что данный материал обладает свариваемостью (сварке поддается). В том случае, если нижний предел технических требований не обеспечен хотя бы по одному эксплуатационному показателю, то данный материал и свариваемостью не обладает (сварке не поддается).

При указанном комплексном подходе свариваемость для одного и того же материала может быть разной, в зависимости от того, для чего изделие предназначено:

- сварное соединение, выполненное одним и тем же способом сварки, в одном случае может соответствовать требованиям эксплуатации, в другом случае непригодным для эксплуатации;
- конструкционный материал, который не получается сварить одним способом сварки может быть сварен другим способом сварки;

- конструкцию сварного соединения и его местоположение на сварной металлоконструкции можно выбрать таким образом, что получить сварное соединение невозможно, поэтому материал или вид сварки можно признать непригодным.

Свариваемость для разных сталей не одинакова. По свариваемости стали могут быть разделены на четыре группы:

1. Стали с хорошей свариваемостью, при их сварке получается качественное сварное соединение всеми видами сварки, на обычных режимах и без подогрева.
2. Стали с удовлетворительной свариваемостью. Здесь качественное сварное соединение обеспечивается только сваркой в узком диапазоне режимов и за счет применения дополнительных технических мероприятий, предварительный подогрев, например.
3. Стали свариваемость которых ограничена. В данном случае удовлетворительное качество сварных соединений может быть достигнуто только в очень узком диапазоне режимов сварки и с обязательным применением подогрева при сварке и термообработки после сварки.
4. Стали с плохой свариваемостью. Даже специальные технологические мероприятия не дают возможности получения качественных швов, без горячих или холодных трещин. Еще один признак плохой свариваемости - высокая склонность металла к появлению закалочных структур в зоне сварного шва.

Для оценки свариваемости существуют как различные технологические пробы, так и расчетные методы. Например, можно оценку свариваемости рассчитать определением эквивалента углерода. Для углеродистых и марганцевых сталей:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15} = 0,19\% < 0,45\% \quad (1.1)$$

Поскольку эквивалент углерода меньше нормы, свариваемость стали Ст 3 сп хорошая и предварительный подогрев не нужен.

### 1.3 Анализ базового технологического процесса сварки фермы

Для изготовления фермы закупаем уголки и листовой металл. Проводим входной контроль металла. Осматривают металл на наличие повреждений.

Затем на заготовительном участке и участке механической обработки производят заготовку комплектующих для фермы. Нарезать на пиле дисковой из уголков заготовки для поясов, раскосов, стоек. Провести разметку листового металла. Нарезать на ножницах гильотинных фасонки и накладки.

На сверлильном станке выполняют отверстия в фасонках, упорах и крепежных пластинах. Готовые детали фермы контролируют на соответствие требованиям чертежей, притупляют у них острые кромки их перемещают на операцию сборки и сварки.

Там предварительно выполняют подготовку деталей к сварке.

Перечень операций по подготовке деталей к сварке приведен в таблице 1.5.

После подготовки производится сборка. Собирают ферму на ровной площадке с использованием универсальных приспособлений. Это, в основном, струбцины.

Затем проводится контроль на смещений и производится корректировка собранной металлоконструкции в соответствии с требованиями чертежей. После контроля сварщик выполняет прихватки деталей, длина прихваток 10-12 мм. Прихватка выполняется сначала узлов 6, 9, затем 14, 13 и так от середины к краям фермы. По окончании прихваток сварщиком производится контроль сварных соединений и геометрии фермы.

Таблица 1.5 - Подготовка комплектующих фермы к сварке

Наименование операции	Оборудование, инструменты	Технические требования условия
Очистка	Металлическая щетка, ветошь, уайт-спирит, пескоструйная установка	От масла, грязи, ржавчины и других загрязнений
Правка	Листоправильные вальцы	При необходимости в холодном состоянии
Разметка	Мел, угольник, рулетка, измерительная линейка	Согласно размерам чертежа
Резка	Гильотина, комбинированные пресс-ножницы для резки уголков	Механическая резка по разметке
Зачистка свариваемых кромок	Напильник, УШМ	От заусенцев
Контроль размеров полученных заготовок	Измерительная линейка, угольник, рулетка	На соответствие согласно размерам чертежа
Маркировка	Клеймо, мел, чертилка, краска	Для точной сборки конструкции

После прихватки производят сварку узлов. Сварку начинают с центральной части фермы и ведут сварку узлов к краям.

Например сварка узла 9, см. рисунок 1.6. Непосредственно в узле последовательность наложения сварного шва следующая. Сначала

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a valve or actuator component, showing dimensions and material specifications. The drawing includes the following details:

- Material Specifications:**
  - ГОСТ5264-79 Т5 (Steel 5264-79 T5)
  - ГОСТ5264-84 Н1 (Steel 5264-84 H1)
- Dimensions:**
  - Overall width: 420
  - Overall height: 300
  - Base thickness: 40
  - Base width segments: 210 (each)
  - Base segment thickness: 24
  - Base segment width: 120
  - Base segment height: 190
  - Base segment width: 260
  - Base segment height: 170
  - Base segment width: 120
  - Base segment height: 170
  - Base segment width: 260
  - Base segment height: 170
  - Base segment width: 120
  - Base segment height: 170
  - Base segment width: 260
  - Base segment height: 170
  - Base segment width: 120
  - Base segment height: 170
  - Base segment width: 260
  - Base segment height: 170
- Assembly Details:**
  - Two main vertical components (likely valves) are shown, each with a horizontal base and a vertical stem.
  - The components are connected to a central horizontal base.
  - The drawing shows the internal structure of the components, including the valve stem and the valve body.

21

Контролируют 100% сварных швов. Недопустимыми дефектами являются непровары, трещины, шлаковые включения. Участки с дефектами вырезают абразивным кругом и переваривают. Контролируют состояние верхней поверхности перемычек. Брызги металла, окисленные участки на них не допустимы. При их наличии производят зачистку поверхности.

Прошедшие операцию контроля фермы транспортируют на участок окраски.

#### 1.4 Анализ возможных технических решений при сварке узлов фермы

При выборе способа сварки необходимо учитывать состав свариваемого материала, его толщину, положение шва в пространстве, длину шва, манёвренность способа, тип производства, затраты, а так же установленные технические требования на изготовление изделия и производительность свариваемого процесса.

Приоритетный вид сварки определяется расчетом на экономическую эффективность применения этого вида сварки. Критериями выбора может быть техническая себестоимость, исчисление которой производят на основе затрат на основной металл и сварочные материалы, электроэнергию, амортизацию, содержание и эксплуатации оборудования, основную и дополнительную заработную плату сварщиков, отчисление на страхование и другие.

Учитывая, что материал фермы - сталь Ст3 кп относится к легкосвариваемым металлам, можно рекомендовать следующие способы сварки: газопламенную; ручную дуговую покрытыми электродами; механизированную или автоматическую сварку в защитных газах; автоматическую сварку под флюсом.

Типы сварных соединений дают возможности применить контактные способы сварки, хотя у них высокая производительность.

Газопламенные – это виды обработки, когда обрабатываемый металл

греют пламенем от сжигания газов или паров горючих жидкостей, как правило в смеси с кислородом. Температура газового пламени позволяет проводить сварку, паять, резать металл, наплавлять на деталь слой обладающий нужными свойствами, греть отдельные участки деталей для проведения местной термообработки, правки или очистки.

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

Преимущества данного способа сварки следующие: возможность сварки металла малой толщины; технология сварки металлов, для которых необходим предварительный подогрев и замедленное охлаждение сварного шва значительно упрощается; возможность соединения широкого спектра металлов, в том числе и цветных; простота и дешевизна применяемого оборудования.

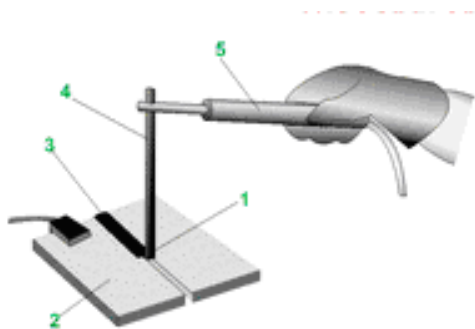
Однако, в сравнении с другими источниками нагрева, которые используются при сварке плавлением, электрической дугой, например, газовое пламя является менее сосредоточенным источником тепла. Диаметр пятна нагрева от газового пламени в 2,5...3,5 раза превышает диаметр пятна нагрева от сварочной дуги и достигает в некоторых случаях 6...8 см. Поэтому при такой же эффективной тепловой мощности, как у сварочной дуги от газового пламени в свариваемую деталь вводится через единицу площади до 8...12 раз меньшее количество тепла, чем дуги. Следовательно, чтобы разогреть металл газовым пламенем до температуры плавления, нужно больше времени, чем в случае нагрева электрической дугой, нагрев

происходит медленнее. Поэтому производительность газопламенной сварки при увеличении толщин свариваемых металлов резко снижается.

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

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

Ручная дуговая сварка – наиболее распространена в промышленности, рисунок 1.9. Главное ее достоинство – простое конструктивно и в эксплуатации оборудование, высокая мобильность способа, возможность сварки различных металлов и сплавов.



1 — сварочная дуга; 2 — свариваемые пластины; 3 — сварочный шов; 4 — покрытый электрод; 5 — электрододержатель.

Рисунок 1.9 - Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

К недостаткам следует отнести малую степень механизации и автоматизации, и низкую производительность процесса. Кроме того, применение штучных электродов при данном способе ведет к большому расходу присадочного материала (электрода), из-за того, что в держателе электрода остается часть электрода несгоревшая. Применение штучных

электродов также не позволяет существенно увеличивать сварочный ток. Поэтому для данного способа характерна низкая производительность.

При автоматической сварке под слоем флюса между свариваемыми деталями и плавящимся электродом зажигают дугу, перед дугой насыпают слой флюса, под ним происходит образование сварочной ванны и формирование шва. Тепло дуги плавит некоторую часть флюса, образующийся слой жидкого шлака оттесняется давлением разогретых газов и паров металла и закрывает зону горения сварочной дуги в виде пузыря. После кристаллизации расплавленного металла шва на его поверхности образуется шлаковая корка. Слой флюса и шлак обеспечивают защиту зоны сварки и остывающего шва от воздуха. При этом неметаллические загрязнения и газы переходят в шлак, и металл рафинируется. За счет того, что шлак облегает плавильное пространство, давление в нем повышается, обжимается дуга и повышается ее эффективный КПД и проплавливающая способность. Данный способ исключает разбрызгивание электродного металла, что позволяет существенно увеличить сварочный ток, по сравнению с ручной дуговой сваркой. Также при сварке под флюсом малы потери электродного металла, они не более 2...4 %. Поскольку дугу в процессе сварки не видно, сварщику не нужна защитная маска и тяжелая защитная одежда [2].

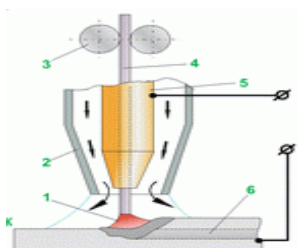
Однако дуговая сварка под слоем флюсом обладает рядом недостатков. Ее сложно выполнять в пространственных положениях шва, отличных от нижнего, потому что трудно удержать флюс. Также возникают сложности при контроле процесса горения дуги и формирования сварного шва, потому что все закрыто флюсом. Представляют опасность для здоровья сварщиков флюсовая пыль и пары флюса. Для реализации процесса сварки необходимо применение сложного, дорогостоящего оборудования.

Под термином дуговая сварка в защитных газах обозначают многочисленные разновидности данного способа, чья особенность заключается в том, что при сварке вокруг факела дуги создают газовую

среду, отличающуюся по своему составу от воздуха, рисунок 1.10. Указанная среда обеспечивает защиту расплавленного металла от вредного влияния воздуха.

Разновидности процесса дуговой сварки в атмосфере защитных газов весьма многочисленны. Сварку в защитных газах классифицируют по способу создания газовой защиты, типу защитного газа, типу электрода, роду тока, на котором производят сварку; степени механизации процесса.

Следует отметить такие преимущества процесса сварки в среде защитного газа как: высокая мобильность способа; высокая производительность; сварку можно вести во всех пространственных положениях шва; диапазон свариваемых толщин колеблется от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров; конструктивно и в эксплуатации оборудование простое; отсутствуют т.н. огарки электродов, имеющий место при ручной дуговой сварке, а это уменьшает общий расход присадочного материала



1 – дуга, 2 – сопло, 3 – защитный газ, 4 – присадочный материал

Рисунок 1.10 - Сварка плавящимся электродом в среде защитного газа

К недостаткам способа можно отнести следующие: сравнительно сложное оборудование; высокое разбрызгивание присадочного металла в процессе сварки плавящимся электродом.

Состав защитной среды подбирают учитывая свойства свариваемого металла, толщину соединяемых кромок, тип присадочной проволоки, и требований предъявляемых к сварным швам. При сварке химически активных металлов к применению могут быть рекомендованы инертные газы. Смеси инертных газов активных повышают в некоторых случаях устойчивость

дуги, увеличивают глубину проплавления, улучшают внешний вид сварного шва, снижают разбрызгивание металла в случае сварки плавящимся электродом, увеличивают плотность металла шва, увеличивают производительность процесса сварки.

### 1.5 Анализ возможных вариантов механизации и автоматизации процесса сварки фермы

В крупносерийном и массовом производстве применяют высокомеханизированное и автоматизированное оборудование. Наибольшее распространение из средств механизации при массовом производстве получили приспособления, оснащенные разгрузочными устройствами, комбинированные и многоэлектродные сварочные машины, механизированные поддерживающие и передающие приспособления и промышленные роботы [10].

Перечисленные устройства при массовом производстве объединяют в поточные механизированные и автоматические линии. В последних человек участвует только на операциях предварительной сборки или загрузки деталей.

При мелкосерийном производстве могут быть применены механизированные приспособления и промышленные роботы. Могут быть применены также гибкие автоматические линии, в которые встроены роботы для обеспечения гибкости.

Для механизированных приспособлений всех видов характерным является наличие пневматического или гидравлического привода зажимных устройств. Съем обработанной детали выполняют с помощью выталкивателей разной конструкции, съемников или специальных съемных устройств. Перечисленные приспособления, как правило, связаны с транспортными системами. Для перемещения свариваемой детали относительно электродов в конструкцию сварочной машины могут быть внесены поддерживающие и перемещающие устройства. Иногда эти

приспособления одновременно выполняют функции сборочных. Их использование на производстве значительно улучшает условия труда и повышает качество за счет более точного расположения сварных швов и правильной фиксации детали относительно электродов сварочной машины [6].

Поворотные столы различных конструктивных исполнений позволяют загружать детали вне зоны выполнения сварочных работ. При этом улучшаются условия труда и увеличивается производительность сварочного оборудования. Механизм поворота стола, на котором размещена сварочная оснастка с изделиями, является наиболее сложным узлом указанных устройств. Устанавливают подобного рода приспособления на сварочных машинах общего применения.

Широкое распространение для поворотных столов нашли мальтийские механизмы. Работу данных устройств обеспечивает электрический двигатель.

Для комбинированных машин характерно объединение в одном агрегате несколько последовательных, и различных по технологии операций. Результатом этого является исключение промежуточных операций, таких как транспортировка, загрузка, съем деталей после каждой операции. В результате существенно повышается производительность технологического процесса и повышается общая производительность изготовления металлоконструкции [5].

## 1.6. Задачи работы

Анализ конструкции фермы, условий ее эксплуатации, программы выпуска, достоинств и недостатков приемлемых вариантов сварки позволяет рекомендовать для соединения деталей фермы сварку в среде активного газа. Однако, для данного способа сварки, характерно высокое разбрызгивание

металла. Это нежелательно, так как расходуется много присадочного металла. Вследствие чего, рекомендуем сварку с газовой смеси – углекислого газа и аргона. С учетом программы выпуска, нужно разработать специализированное сборочное приспособление, применение которого позволит повысить качество и производительность труда.

С учетом материала фермы толщин и формы соединений нужно будет подобрать присадочный материал, режимы и разработать технологию сварки фермы.

Следовательно, для достижения цели работы нежно выполнить следующие задачи: разработать технологию механизированной сварки фермы; подобрать оборудование; разработать оснастку; разработать мероприятия по технике безопасности; произвести оценку экономической эффективности новой технологии.

## 2 Разработка технологии сборки и сварки фермы

### 2.1 Подготовительные операции

Для изготовления фермы закупаем уголки и листовой металл. Проводим входной контроль металла. Проверяется листовой металл и сортовой прокат (уголки) на наличие клейм, заводской маркировки, сертификатов завода-изготовителя, осматривают металл на наличие повреждений.

Затем на заготовительном участке и участке механической обработки производят заготовку комплектующих для фермы. Нарезать на пиле дисковой из уголков заготовки для поясов, раскосов, стоек. Провести разметку листового металла. Нарезать на ножницах гильотинных фасонки и накладки.

На сверлильном станке выполняют отверстия в фасонках, упорах и крепежных пластинах. Готовые детали фермы контролируют на соответствие требованиям чертежей, притупляют у них острые кромки их перемещают на операцию сборки и сварки.

Там предварительно выполняют подготовку деталей к сварке. Перечень операций по подготовке деталей к сварке приведен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Подготовка комплектующих фермы к сварке

Наименование операции	Оборудование, инструменты	Технические требования условия
Очистка	Металлическая щетка, ветошь, уайт-спирит, пескоструйная установка	От масла, грязи, ржавчины и других загрязнений
Правка	Листоправильные вальцы	При необходимости в холодном состоянии

Разметка	Мел, угольник, рулетка, измерительная линейка	Согласно размерам чертежа
Резка	Гильотина, комбинированные пресс-ножницы для резки уголков	Механическая резка по разметке
Зачистка свариваемых кромок	Напильник, УШМ	От заусенцев
Контроль размеров полученных заготовок	Измерительная линейка, угольник, рулетка	На соответствие согласно размерам чертежа
Маркировка	Клеймо, мел, чертилка, краска	Для точной сборки конструкции

Затем проводится контроль на смещения и производится корректировка собранной металлоконструкции в соответствии с требованиями чертежей.

## 2.2 Выбор режимов сварки

В качестве защитных газов применяют: инертные газы - аргон, гелий; активные газы –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ; смеси газов, двухкомпонентные и трехкомпонентные ( $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ ;  $\text{Ar} + \text{O}_2$ ;  $\text{Ar} + \text{CO}_2$  и др.). Газовые смеси должны удовлетворять требованиям ТУ 14-1-2079-77.

Смесь аргона и кислорода, последнего 1-5% используют для сварки малоуглеродистых и легированных сталей. Данная смесь обеспечивает при сварке переход капельного переноса металла в струйный. За счет чего как увеличивается производительность сварки, так и уменьшается разбрызгивание металла.

Смесь аргона и углекислого газа, последнего 10-20%, также используют при получении сварных соединений низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Для сварных швов, полученных при сварке в данной смеси характерна низкая высота усиления шва, чем при сварке в углекислом газе, также обеспечивается плавный переход валика шва к основному металлу. Перечисленные особенности позволяют существенно снизить расход электродной проволоки на единицу длины сварного шва.

Другим преимуществом сварки в смесях газов на основе аргона являются обеспечение лучших гигиенических и экологических показателей, в сравнении с иными способами дуговой сварки. При сварке в смесях газов на основе аргона существенно меньше выделяется пыли и токсичных газов в зону дыхания сварщика и в окружающую среду. Поэтому можно снизить мощность общеобменной и местной вентиляции, и, соответственно, затраты на электроэнергию и обслуживание вентиляции.

В производственных условиях могут использоваться как баллоны с готовыми смесями газов, так и баллоны с каждым газом по отдельности. На нашем сварочном участке применяется второй случай, поэтому расход каждого газа необходимо регулировать при помощи отдельного редуктора и измерять ротаметром типа РС-3. Соотношение газа в смеси принимаем 80% аргона и 20% углекислого газа.

Для уменьшения разбрызгивания при механизированной сварке предложено использовать смесь газов: аргона и углекислого.

Перечень параметров режима сварки для механизированной сварки в смеси газов: диаметр электродной проволоки; род, полярность тока; номер слоя шва; сила сварочного тока; напряжение дуги; скорость подачи электродной проволоки; расход защитного газа.

Сначала выбираем сварочную проволоку. Проволока подбирается так, чтобы свойства наплавленного металла, а также основного металла, а также их химический состав, примерно, совпадали. Материал рамы транспортера сталь 3. В ней менее 0,05% кремния и марганец в количестве 0,3-0,6%, см.

табл. 1.2. Указанные элементы выгорают при сварке, так как обладают высоким сродством к кислороду.

Следовательно согласно [5] при сварке кипящей низкоуглеродистой стали применяют сварочную проволоку Св-12ГС. Прежде чем выбирать значения параметров режима сварки, нужно определиться с набором параметров режима сварки. Набор параметров режима сварки зависит главным образом от выбранного способа сварки.

Перечень параметров режима сварки для механизированной сварки в углекислом газе:

1. Диаметр электродной проволоки;
2. Род, полярность тока
3. Номер слоя шва;
4. Сила сварочного тока;
5. Напряжение дуги;
6. Скорость подачи электродной проволоки;
7. Расход защитного газа.

Для толщины свариваемого металла по данным литературы определим диаметр проволоки 1,2 мм, сила тока 200-220 А, напряжение на дуге 18-23 В, расход газа 10-12 л/мин, скорость подачи проволоки 490 м/час. Ток постоянный обратной полярности, плюс на электроде.

С учетом того, что свариваемый материал обладает хорошей свариваемостью, предварительный подогрев является излишним.

### 2.3 проектная технология сборки и сварки фермы

После подготовки деталей к сварке собирают ферму в специализированном приспособлении. В ложементы оснастки укладывают заготовки для фермы, пояса, раскосы, стойки, зафиксируют винтовыми прижимами. Пояса, состоящие из нескольких уголков укрупняют. Производят сварку стыковых швов. Силу тока принимают 160-175 А, напряжение на дуге в пределах 18-23 В, расход газа 10-12 л/мин. Уложить фасонки и накладки, зафиксировать прижимами. Выполнить контроль на

наличие смещений. После контроля сварщик выполняет прихватки деталей, длина прихваток 15-20 мм. Сила тока принимают 130-160 А, напряжение на дуге 18-23 В, расход газа 8-10 л/мин. Выполняются прихватки узлов изделия в следующей последовательности, от центра к краям: 14, 13, 10, 9, 6, 5, 13, 8, 11, 7, 12, 6, 14, 5, 13, 4, 15, 1, 3, 2, рис. 2.1.

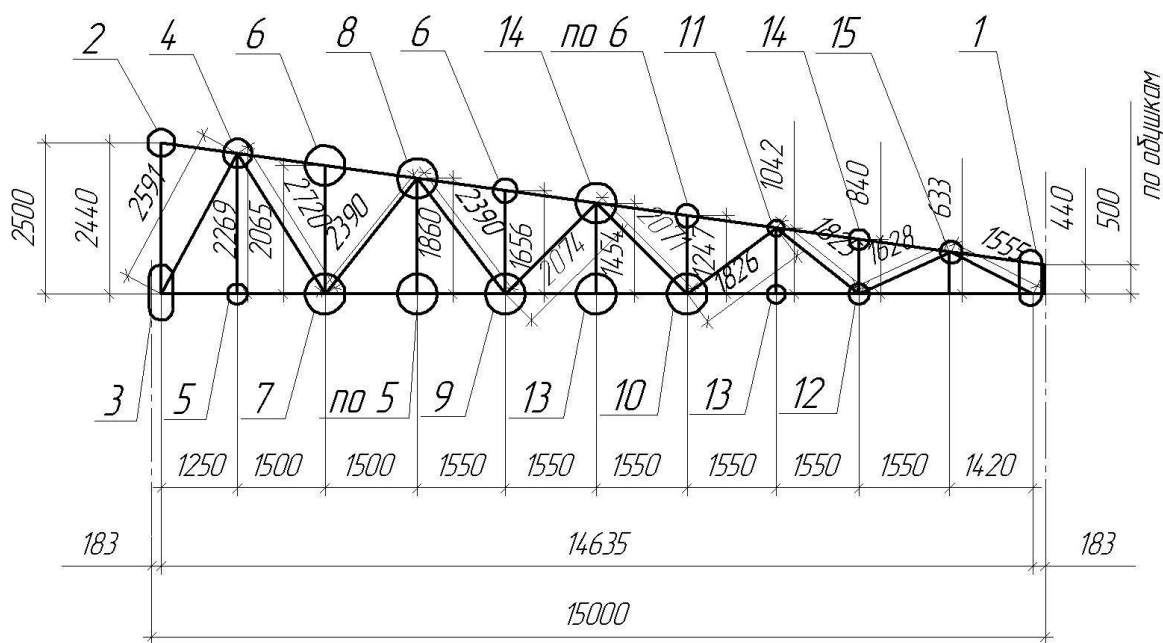


Рисунок 2.1.

Катет шва прихваток должен быть 3—5 мм. При наложении основного шва прихватки должны быть переплавлены.

По окончании прихваток сварщик выполняет сварные швы согласно чертежу. Последовательность выполнения сварных швов узлов совпадает с последовательностью наложения прихваток. Режимы указаны в п. 2.2 работы.

Непосредственно в узле последовательность наложения сварного шва следующая. Сначала приваривается горизонтальный стержень к накладке швами 1 и 2, рисунок 2.2. Сварку следует вести одновременно двумя сварщиками с обеих сторон прокладки. Затем аналогично приваривают вертикальную стойку, после чего две наклонные стойки.

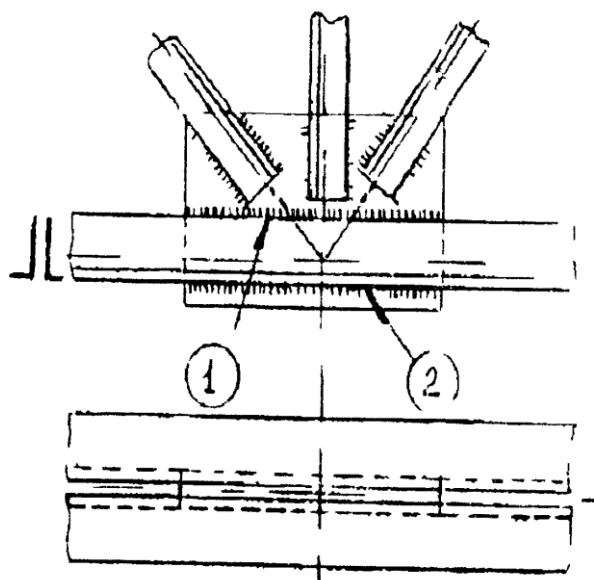


Рисунок 2.2.

По окончании сварки изделие охлаждается, затем извлекается из оснастки и производится контроль фермы.

Сварные швы и околошовную зону каждого шва зачищают щеткой металлической. Проверяют соответствие геометрии требованиям чертежей. Требования по размерным допускам должны быть выдержаны. Затем выполняется контроль сварных швов. Контроль выполнять визуально-измерительный. Контролируют 100% сварных швов. Недопустимыми дефектами являются непровары, трещины, шлаковые включения. Участки с дефектами вырезают абразивным кругом и пересваривают. Контролируют состояние верхней поверхности перемычек. Брызги металла, окисленные участки на них не допустимы. При их наличии производят зачистку поверхности.

Сваренные и прошедшие контроль фермы подвергают окраске для предотвращения коррозии.

### 3 Разработка оснастки для изготовления фермы

#### 3.1 Выбор механизмов для фиксации элементов фермы

Для достижения цели работы предложено разработать специализированное приспособление для фиксации элементов фермы.

Технология сборки должна удовлетворять следующим требованиям:

- высокая производительность сборки и сварки;
- возможность применения инструмента и приспособлений, обеспечивающих
- повышение производительности труда;
- увязка сборочных операций с операциями по сварке;
- легкость проведения операционного контроля качества сборки;
- необходимость соблюдения размерных допусков;
- сборка не должна подвергать опасности производственный персонал.

Для фиксации свариваемых деталей могут быть применены различные технические решения. Упоры-фиксаторы, струбцины, зажимы.

Удобство сборки и последующей сварки обеспечивает применение столов сварочно-сборочные, рисунок 3.1 Предназначены они для проведения сварочных и сборочных работ, с возможностью фиксации деталей, узлов и агрегатов в пазах на чугунных или алюминиево-медных балках специальными приспособлениями, позволяющими производить сборку и сварку конструкций любой сложной конфигурации.

Возможность демонтажа и передвижения балок в удобное положение, комплектация дополнительными рейками и опорными подставками делает конструкцию сварочного стола ССМ универсальной.

Применение сплошных цельных балок на столах сварочно-сборочных серии ССМ обеспечивает бесступенчатую поверхность с неплоскостью не более 0,5 мм по ширине, что очень трудно достичь при стыковом варианте. Применение сплошных цельных балок обеспечивает более качественную и точную сборку изделия (сборок и подборок).

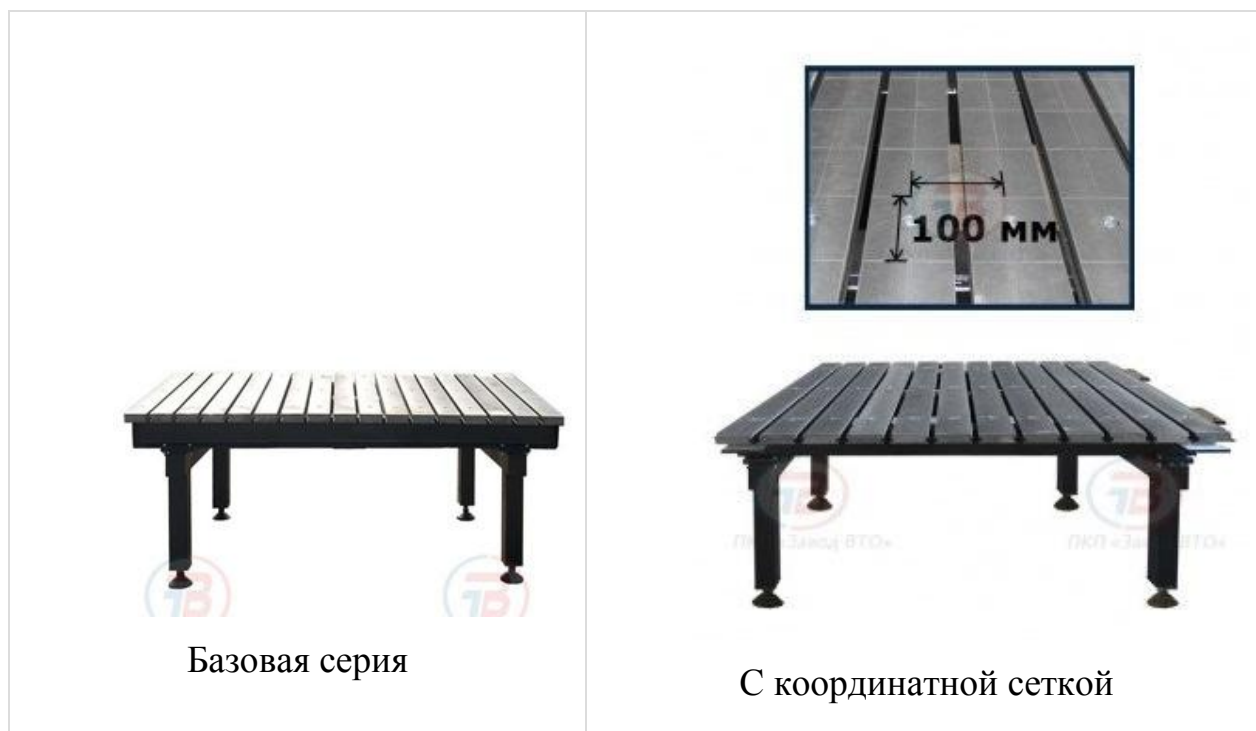


Рисунок 3.1 – столы сварочные

Применение алюминиево-медного сплава балок обосновано таким свойством, как высокая токопроводимость материала, что позволяет улучшить качество сварочных швов при сварке деталей из цветных металлов и нержавеющей стали, а так же исключает прилипание брызг металла. Также относительно высокая прочность материала балки на растяжение в совокупности с низкой твердостью поверхности позволяет выдерживать большие равномерно распределенные нагрузки и не вызывает повреждений полированных поверхностей деталей из нержавеющей стали.

Применение балок из серого чугуна обосновано высокой стойкостью материала к воздействию высокой температуры при проведении сварочных работ, а так же исключает прилипание брызг металла.

В сварочно-сборочных столах серии ССМ смежные балки образуют Т-образные пазы, а максимально допустимая нагрузка на 1 балку составляет до 1500 кг.

Столбы сварочно-сборочные 3D: d16 и d26 (серии ССД) предназначены для проведения сварочно-сборочных, монтажных работ различных металлоконструкций из труб, листа, профиля различного сечения, частей трубопровода с применением специальной сборочной оснастки, что

увеличивает производительность и качество сборки конструкций любой сложности.

Преимущество применения столов сварочно-сборочных 3D d16 и d26:

Столы сварочно-сборочные 3D универсальны и пригодны для единичного и серийного производства. В том числе их можно использовать как позиционер для роботизированной сварки.

Наличие координатной сетки с шагом рисок 50 мм (для системы d16) и 100 мм (для системы d26) значительно упрощает позиционирование сварочно-сборочных приспособлений и свариваемых изделий на рабочей поверхности сборочного стола, позволяет сократить время на установку и переустановку сварочно-сборочной оснастки, повышает производительность труда и позволяет выставлять собираемые, свариваемые детали от риски, что исключает дополнительную установку упора для координации изделия, узла или конструкции в целом на плоскости сварочного стола.

Высокая точность позиционирования заготовок на поверхности стола с отклонением от плоскостности не более 0,5 мм/м.

Наличие пяти рабочих плоскостей на сварочно-сборочных столах серий ССД-05, ССД-11 значительно расширяют возможности по изготовлению конструкции сложной пространственной формы.

Преимущество применения сварочных монтажных столов 3D (серии ССМД) - в конструкции данных изделий реализованы сразу два принципа фиксации сварочно-сборочных приспособлений. Первое - это принцип фиксации приспособлений на столешнице с помощью специальных быстросъемных болтов (рисунок 3.2, а); второе - принцип фиксации приспособлений с помощью Т-образных пазов (рисунок 3.2, б).



а) отверстия под быстросъемные болты;      б) Т-образный паз

Рисунок 3.2 – Виды фиксации сварочно-сборочных приспособлений:

С учетом изложенного проектируем приспособление. В первую очередь необходимо выбрать зажимные механизмы, обеспечивающие фиксацию компонентов фермы.

Зажимные механизмы сборочных приспособлений классифицируют на простые и комбинированные. Простые включают винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные, байонетные, пружинные и магнитные. Комбинированные выполняют как блок из двух-трех последовательно соединенных простых механизмов. По количеству точек приложения зажимных сил механизмы классифицируют на единичные и многократные. Многократные обеспечивают фиксацию одной детали одновременно по нескольким точкам и с одинаковыми силами.

По механизации зажимные механизмы классифицируют на:

- ручные, фиксацию реализуют с помощью мускульной силы;
- механизированные, работают от силового привода, под ручным управлением;
- автоматизированные, обеспечивают зажим, фиксацию и расфиксацию деталей без участия рабочего.

Чтобы создать исходную прижимную силу в приспособлении применяют силовой привод. Силовые приводы, также, могут быть

использованы для механизированной и автоматизированной загрузки и выгрузки деталей и узлов, поворотов сборочных приспособлений и др. Силовой агрегат привода преобразует какую-либо энергию в механическую, обеспечивающую работу зажимных механизмов.

Также приводы классифицируют по виду преобразуемой энергии. достоинств и недостатков наиболее часто применяемых зажимных механизмов приведен в таблице 3.1 [5].

Анализ годовой программы, габаритов нашего изделия, позволяет остановить выбор на винтовых зажимных механизмах.

Таблица 3.1 - Анализ зажимных механизмов

Тип	Достоинства	Недостатки
1	2	3
Механический рычажный	Простой в изготовлении и эксплуатации, высокое быстродействие. Не требует энергоносителей	Малое усилие зажатия деталей. Нельзя применить дистанционное управление
Механический винтовой	Простой в изготовлении и эксплуатации, может создавать значительные усилия зажатия. Не требует энергоносителей	Низкая скорость зажатия, низкая производительность. Нельзя применить дистанционное управление
Гидравлический	Возможно дистанционное управление, большие усилия прижатия, работает бесшумно	Относительно медленный, требуется подвод жидкости (масло) под давлением более 1 МПа. Возможна утечка масла
Пневматический	Высокая скорость работы, возможность дистанционного управления.	Сравнительно малое развиваемое усилие, шумность работы, требуется подвод сжатого воздуха под давлением (менее 1 МПа).

### 3.2 Конструкция оснастки

Разработанный стенд для сборки изделия, рисунок 3.1, состоит из основания трапецеидальной формы 2, сваренного из швеллеров. На основании 2 закреплены сваркой ложементы 1, рисунок 3.2., в которые укладываются при сборке детали фермы: уголки, раскосы, поперечины. Для фиксации слесарь сборщик использует винтовые прижимы 6. Детали фермы устанавливаются и фиксируются от перемещения в ограничитель 4. Всего на одной ветви ложементов с винтовыми прижимами – 8. Это позволяет на длине пролета фермы 15 метров обеспечить требуемую геометрию при сборке и при сварке. Общее количество ограничителей – 4, по два на каждой ветви оснастки.

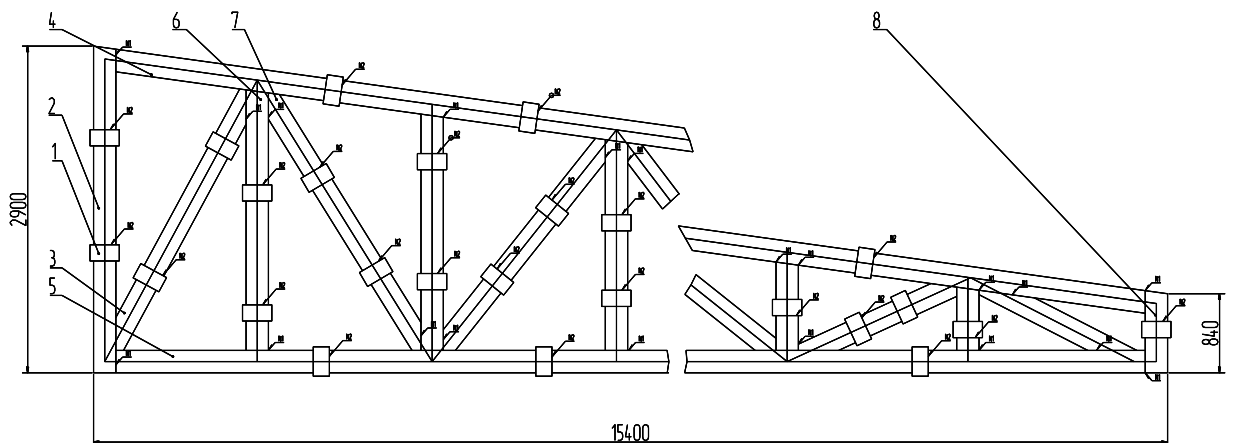


Рисунок 3.1 - Общий вид оснастки

За счет этого становится возможным производить сборку и сварку полностью всей фермы в целом. Ветви основания фермы выполнены из швеллеров №12. Конструктивно ложементы 1 представляют из себя П – образную конструкцию, в которой выполнены отверстия с резьбой для винтовых прижимов. Сваркой они закреплены к швеллерам. Конструктивно ограничители представляет из себя Г- образные профили, приваренные к основанию 2.

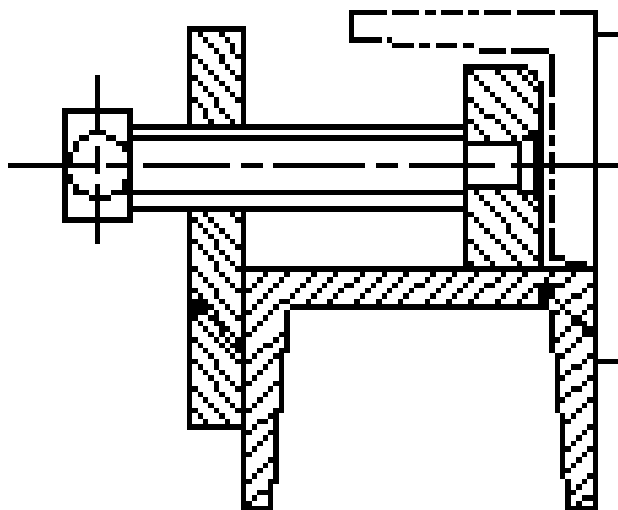


Рисунок 3.2. Ложементы для крепления уголков

### 3.3. Технология изготовления оснастки

Для изготовления оснастки необходимо в заготовительном участке предприятия изготовить детали, перечисленные в таблице 3.1.

Швеллер и уголок нарезают на пиле дисковой. Ложементы вытачивают на фрезерном станке, и на сверлильном сверлят в них отверстия для винтовых прижимов и нарезают там резьбу.

Детали ветвей оснастки устанавливают на ровную площадку, обеспечивают заданную геометрию и производят прихватку, длина прихваток 15-20 мм, при расстоянии между прихватками 200-250 мм, сила тока 100 А. После прихваток выполняют проверку геометрии основания оснастки, корректируют несоответствия деформации от сварки. Затем выполняют сварку швов электродами диаметром 4 мм при силе тока 130-160 А.

После сварки выполняют зачистку сварных швов, дополнительно контролируют геометрию, устраняют сварочные деформации.

Устанавливают ложементы, предварительно резьбовые отверстия закрывают асбестом, для защиты от брызг сварки. Производят прихватку, длина прихватки 10-15 мм, расстояние между прихватками 150-200 мм сила тока 100 А. После прихватки производят проверку геометрии, и сварку

ложементов с основанием электродами диаметром 4 мм при силе тока 130-160 А.

Далее устанавливают ограничители, аналогично прихватывают их, контролируют геометрию и выполняют сварку электродами диаметром 4 мм при силе тока 130-160 А.

В завершении винтовые прижимы устанавливают в резьбовые отверстия. Сначала из резьбовых отверстий удаляют асбест, наносят на резьбовые отверстия консистентную смазку, ввинчивают в резьбовые отверстия винтовые прижимы.

### 3.4. Выбор сварочного оборудования

Для механизированной сварки вбираем шланговый полуавтомат.

Различают полуавтоматы с механизмом толкающего и тянущего типов. В полуавтомате толкающего типа подачу проволоки с катушки осуществляет подающий механизм, находящийся рядом с катушкой. Механизм подает проволоку роликами с постоянной скоростью канал гибкого шланга.

Анализ выпускаемых промышленностью полуавтоматов позволяет остановить выбор на полуавтомате ПДГ-301 Рикон, рисунок 3.3.

Данный полуавтомат может применяться для дуговой сварки металлоконструкций из различных по химическому составу сталей толщиной от 0,8 до 14 мм, в разных по составу защитных газовых средах с использованием в качестве присадки электродной или порошковой проволоки.

Длина шланга у данного автомата 3 метра. Ток постоянный.



Рисунок 3.3 – Полуавтомат ПДГ-301 Рикон

#### 4 Безопасность и экологичность проекта.

##### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Тема выпускной работы бакалавра: «Сварка металлоконструкций промышленных зданий».

Проектный технологический процесс сварки фермы планируется к внедрению на производственном участке, рисунок 4.1.

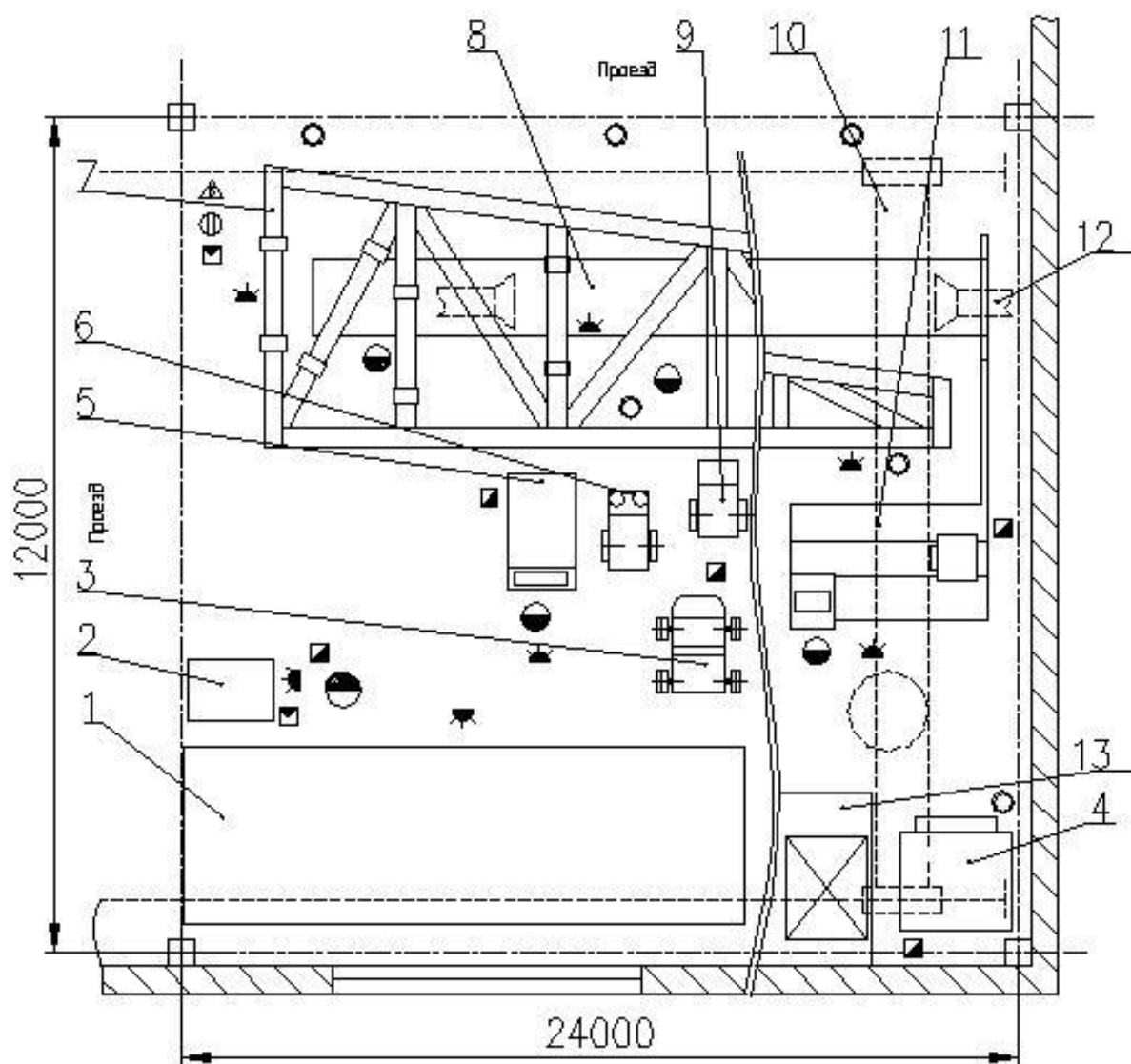


Рисунок 4.1 – Компоновочная схема участка сварки ферм

В состав участка входит следующее оборудование: склад металла 1; пост входного контроля 2; тележка инвентарная 3; электропечь СШО

2,1.1,7.6,0/4,0 4; выпрямитель ВДГ-301 5; полуавтомат сварочный ПДГ-301 6; приспособление сборочное 7; кантователь 8; реостат балластный РБУ-400 9; кран-балка 10; привод кантователя 11; приточная вентиляция 12; склад инструмента и вспомогательных материалов 13..

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сварка фермы	Входной контроль металла, сборка фермы, сварка	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Приспособление сборочное, выпрямитель ВДГ-301, полуавтомат ПДГ-301; реостат балластный РБУ-401, кантователь, электропечь СШО	Уголки, пластины из стали 3, сварочная проволока Св-09ГС, газ углекислый, круг абразивный.

#### 4.2 Идентификация профессиональных рисков.

Технологический процесс сварки ферм перекрытий промышленных зданий сопряжен с опасностями, вызванными различными причинами. Опасности могут привести человека как к временной так и к полной нетрудоспособности. Все зависит от стечения обстоятельств, от интенсивности воздействия.

При механизированной дуговой сварке ферм можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы: в воздухе у рабочей зоны повышено содержание озона, оксидов азота и аэрозолей, состоящих преимущественно, из оксидов металлов; повышенная температура

поверхностей деталей и узлов фермы; повышенное напряжение в электрической цепи; наличие на производственном участке баллонов с углекислым газом [16].

Анализ рисков, обусловленных опасными и вредными производственными факторами проведем в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Подготовка деталей к сварке, сборка узлов фермы, сварка фермы, контроль сварных соединений и геометрии изделия.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура воздуха рабочей зоны; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный	Приспособление сборочное, выпрямитель ВДГ-301, полуавтомат ПДГ-301; реостат балластный РБУ-401, кантователь, электропечь СШО, уголки, пластины из стали 3, сварочная проволока Св-09ГС, газ углекислый, круг абразивный

		уровень инфракрасной радиации.	
--	--	--------------------------------	--

### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Анализ методов и средств снижения профессиональных рисков проведем в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

№ п/п	Опасные и / или вредные производственные факторы	Используемые средства коллективной защиты производственного персонала	Используемые средства индивидуальной защиты производственного персонала
1	движущиеся механизмы и части сварочного полуавтомата; передвигаемые трубы, заготовки, материалы;	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения.	
2	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	вентиляция	респираторы
3	высокая температура материалов		Спецодежда, перчатки
4	высокая температура воздуха в рабочей зоне;	вентиляция	
5	высокое напряжение в электрических цепях;	Заземление, контроль изоляции.	
6	повышенная пульсация светового потока;	Использование щитов для экранирования мест сварки,	маска сварщика
7	высокий уровень ультрафиолетовой и инфракрасной радиации;	Использование щитов для экранирования мест сварки,	Спецодежда, маска сварщика
8	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;		Перчатки, спецодежда.
9	повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;	экранирование, увеличение расстояния от источника излучения и ограничение времени пребывания оператора в опасной зоне.	

Инструктажи: первичный, ежеквартальный общие для защиты от всех вредных факторов и в таблицу не включены.

#### 4.4 Пожарная и техногенная безопасность рассматриваемого технического объекта.

Пожаром называется неконтролируемое горение, наносящее материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества, государства [16] .

На участке сварки труб не исключена вероятность возникновения пожара. Основные классы пожара на участке и сопутствующие пожару опасные факторы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварки стыков трубопровода	сварочный полуавтомат	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Технические средства, позволяющие обеспечить пожарную безопасность на участке сварки труб проанализируем в таблице 4.5

Таблица 4.5 - Средства обеспечивающие пожарную безопасность.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Действия согласно плану эвакуации	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на сварочном участке.

Наименование технологического процесса	Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности участка	Требования к оснащению участка по обеспечению пожарной безопасности
Сварка	обучение персонала правилам пожарной безопасности, размещение на участке средств наглядной агитации, учений с производственным персоналом, комплектование добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

#### 4.5 Экологическая безопасность участка сварки стыков

Таблица 4.7 – Воздействие объекта (сварочного участка) на окружающую среду

Наименование технологии	Составляющие технического объекта	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Сварка	Подготовка деталей к сварке, сборка, сварка, контроль сварных швов и геометрии трубопровода.	газообразные частицы; сажа;	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от сварочной проволоки,

Таблица 4.8 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование мероприятий	Сварка
Снижение негативного воздействия на атмосферу	Установка в систему вентиляции фильтров, улавливающих частицы сажи
Снижение негативного воздействия на литосферу	Установка контейнеров, для сбора мусора и производственных отходов.

#### Заключение по разделу

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

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

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется.

## 5 Экономическая эффективность проекта

Базовый вариант изготовления ферм предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами. Разработан проектный вариант который предусматривает применение ручной механизированной сварки в среде CO<sub>2</sub> проволокой Св12ГС диаметром 1,8 мм.

Характеристика сравниваемых вариантов представлена в таблице 5.1. В данной таблице указаны недостатки базового варианта, и как планируется устранить их в проектном.

Таблица 5.1 – Сравнительная характеристика вариантов

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

### 5.1 Исходные данные для экономического обоснования

#### сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для экономического расчета

№ п/п	Показатель	Усл. Обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Баз.	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала: электроды МР-3; Проволока Св08ГС	Цэл	Руб/кг	54	70
2	Коэффициент транспортно- заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Коэффициент доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Процент отчислений на дополнительную заработную плату	-	%	12	12
6	коэффициент отчислений на социальные нужды	Ксн	%	34	34
7	Балансовая стоимость оборудования	Цоб	Руб	16000	52000
8	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18
9	Мощность установки	Му	кВт	4,9	5,8
10	Коэффициент полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,85
11	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,5	2,5
12	Удельный расход защитного газа	Узг	М <sup>3</sup> /час	-	50
13	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м <sup>3</sup>	-	50
14	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м <sup>2</sup>	1800	1800
15	Коэффициент цеховых расходов	Кцех	-	2,50	2,50
16	Площадь занимаемая оборудованием	S	М <sup>2</sup>	28	32
17	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	5	5
18	Коэффициент учитывающие затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	Кмонт	-	1,2	1,2

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
19	Коэффициент заводских расходов	Кзав	-	2,15	2,15
20	Коэффициент внепроизводственных расходов	Квн	-	0,05	0,05
21	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
22	Годовая программа	Пг	Шт	100	100

### 5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Расчет норм времени будем производить на изменяющиеся операции технологического процесса по базовому и проектному варианту.

Время штучное

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

где  $t_{маш}$  – машинное время;

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

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

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

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

В базовом и проектном варианте общая длина сварных швов одинаковая и составит  $L_{шва} = 9660$  мм. Исходя из длины швов машинное время принимаем из техкарты:

$$t_{машбаз} = 3,9 \text{ час.}$$

$$t_{\text{машпроект}} = 1,8 \text{ час.}$$

$$t_{\text{штбаз}} = 3,9 + 3,9 \cdot 0,1 + 3,9 \cdot 0,08 + 3,9 \cdot 0,05 + 3,9 \cdot 0,01 = 5,56 \text{ час}$$

$$t_{\text{штпроект}} = 1,8 + 1,8 \cdot 0,1 + 1,8 \cdot 0,08 + 1,8 \cdot 0,05 + 1,8 \cdot 0,01 = 2,64 \text{ час}$$

### 5.3. Капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (5.2)$$

где:  $K_{\text{пр}}$  – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{\text{соп}}$  – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{\text{пр}} = \sum C_{\text{об}} * k_z \quad (5.3)$$

где  $\sum C_{\text{об}}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_z$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60} \quad (5.4)$$

где:  $N_{\text{пр}}$  – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

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

Для выполнения принятой  $N_{\text{пр}}$  принимаем целое число единиц оборудования ( $n_{\text{об.прин}}$ ).

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.6)$$

Фонд времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{эф} = (D_K - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.н}) \quad (5.7)$$

где:  $D_K$  – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$D_{пр}$  – количество праздничных дней в году;

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$S$  – количество рабочих смен;

$k_{р.н}$  – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{1000 * 3,27}{1812 * 60} = 0,03 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{1000 * 1,47}{1812 * 60} = 0,012 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,03}{1} = 0,03$$

$$k_{зпр} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{прбаз} = 45000 * 0,03 = 1350 \text{ руб.}$$

$$K_{прпроект} = 82000 * 0,012 = 984 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.8)$$

$K_{монт}$  – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{дем}$  – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{плоч}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{монт} = \Sigma C_{об} * k_{монт} \quad (5.9)$$

где:  $k_{монт}$  – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{монт} = 82000 * 0,2 = 16400 \text{ руб.}$$

$$K_{дем} = \Sigma C_{об} * k_{дем} \quad (5.10)$$

где:  $k_{дем}$  – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{дем} = 45000 * 0,2 = 9000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{плоч} = S_{плоч} * C_{плоч} * g * k_3 \quad (5.11)$$

где:  $g$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{плоч} = 3 * 3000 * 3 * 0,012 = 324 \text{ руб}$$

$$K_{общ}^{БАЗ} = K_{пр} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{общ}^{ПР} = 984 + 16400 + 9000 + 324 = 26708 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (5.12)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 1350/1000 = 1,35 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 26708/1000 = 26,70 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчет технологической, цеховой заводской себестоимости

базового и проектного варианта.

Затраты на материалы

$$ЗМ = ЗМ_{осн} + ЗМ_{всп}$$

Затраты на основные материалы не считаем, так как изменений нет

Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на сварочные материалы принимаем согласно данным из заводских технологических карт.

В базовом варианте для ручной дуговой сварки применяют штучные электроды

$$ЗМ_{СВПР} = ЗМ_{ЭЛ} \quad (5.13)$$

$$ЗМ_{ЭЛ} = Н_{ЭЛ} \cdot Ц_{ЭЛ} \quad (5.14)$$

где  $Ц_{ЭЛ}$  – цена электрода, руб/кг;

$Н_{ЭЛ}$  = норма расхода, кг.

Норма расхода электрода по данным техкарт

$$Н_{ЭЛ} = 1,345 \text{ кг}$$

$$ЗМ_{ЭЛБАЗ} = 720 \cdot 1,345 = 968,4 \text{ руб};$$

Для проектного варианта

$$ЗМ_{СВПР} = ЗМ_{СВПР} + З_{ЗГ} \quad (5.17)$$

Затраты на электродную проволоку

$$ЗМ_{СВПР} = Ц_{ПР} \cdot Н_{ПР}; \quad (5.18)$$

где  $Ц_{ПР}$  – цена электродной проволоки, руб/кг;

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

Норма расхода проволоки

$$Н_{ПР} = 0,831 \text{ кг} \quad (5.19)$$

$$З_{ПР} = 610 \cdot 0,831 = 506,90 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ (проектный вариант)

$$З_{ЗГ} = Ц_{ЗГ} \cdot Н_{ЗГ} \quad (5.22)$$

где  $Ц_{ЗГ}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$Н_{ЗГ}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем при сварке по техкартам:

$$Н_{ЗГ} = 12,06 \text{ л.}$$

$$З_{ЗГ} = 0,012 \cdot 50 = 0,6 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектном варианте

$$ЗМпроект = 506,9 + 0,6 = 507,5 \text{ руб.}$$

Затраты на электрическую энергию

$$З_{э-э} = \frac{Р_{об} \cdot t_{о}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5.26)$$

где  $Р_{об}$  – полезная мощность оборудования, кВт;

$Ц_{э-э}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Полезную мощность оборудования определим по режимам сварки: сила тока и напряжение.

$$Р_{оббаз} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{3,6 \cdot 0,044}{0,7} 2,2 = 0,49 \text{ руб.}$$

$$Р_{обпроект} = 300 \cdot 30 = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{ПР} = \frac{9 \cdot 0,021}{0,75} 2,2 = 0,55 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.27)$$

где  $A_{об}$  – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{т.р}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

Затраты на амортизацию оборудования

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * N_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} \quad (5.28)$$

где  $Ц_{об}$  – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{об}$  – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{об}^Б = \frac{45000 \cdot 3,27 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,24 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{82000 \cdot 1,47 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,19 \text{ руб.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{m.p} = \frac{C_{об} * H_{m.p} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.29)$$

где  $H_{m.p}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$$P_{тр}^б = \frac{45000 * 35 * 0,03}{1812 * 100} = 0,26 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{np} = \frac{82000 * 35 * 0,012}{1812 * 100} = 0,19 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{об}^Б = 0,26 + 0,24 = 0,50 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{ПП} = 0,19 + 0,19 = 0,38 \text{ руб.}$$

Затраты на производственные площади

$$З_{плоч} = \frac{C_{плоч} * S_{плоч} * Ha_{плоч} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (5.30)$$

где:  $C_{плоч}$  – цена 1 м<sup>2</sup> производственной площади, руб.;

$Ha_{плоч}$  – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{плоч}$  – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м<sup>2</sup>;

$$З_{плоч}^б = \frac{3000 * 8 * 2 * 3,27}{1812 * 100 * 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

$$З_{плоч}^{np} = \frac{3000 * 11 * 2 * 1,47}{1812 * 100 * 60} = 0,01 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \quad (5.31)$$

Основная заработная плата.

$$ЗПЛ_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot k_{зпл} \quad (5.32)$$

где  $C_{ч}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{шт}$  – норма штучного времени, час;

$k_{зпл}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$ЗПЛ_{осн}^B = 0,054 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 7,31 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{осн}^{пр} = 0,024 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 2,30 \text{ руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{д}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.34)$$

где  $k_{д}$  – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$ЗПЛ_{доп}^B = 7,31 \cdot 10 / 100 = 0,73 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{пр} = 2,30 \cdot 10 / 100 = 0,23 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{баз} = 7,31 + 0,73 = 8,04 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{проект} = 2,30 + 0,23 = 2,53 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (5.35)$$

где  $N_{соц}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

$$O_{CH}^B = 8,04 \cdot 30 / 100 = 2,41 \text{ руб.}$$

$$O_{CH}^{пр} = 2,53 \cdot 30 / 100 = 0,76 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Технологическая себестоимость определяется как сумма всех затрат

$$C_{тех} = 3М + 3_{э-э} + 3_{об} + 3_{пл} + \Phi ЗП + O_{CH} \quad (5.36)$$

Цеховая себестоимость

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех} \quad (5.37)$$

где  $P_{\text{цех}}$  – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{цех}} = k_{\text{цех}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.38)$$

где  $k_{\text{цех}}$  – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата рабочих, руб.

Заводская себестоимость

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + k_{\text{зав}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.39)$$

где  $P_{\text{зав}}$  – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{зав}}$  – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

Результаты расчета себестоимости сводим в таблицу 4.3

Таблица 4.3 – Калькуляция себестоимости сварки фермы

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	13095,9	10871,0
2	Заработная плата	ФЗП	8,04	2,53
3	Социальные нужды	Осн	2,41	0,76
4	Расходы на оборудование	Зоб	0,28	0,18
5	Затраты на площади	Зпл	0,01	0,01
	Себестоимость технологическая	Стех	13107,13	10880,78
6	Цеховые расходы		18,27	5,75
	Себестоимость цеховая	Сцех	13125,40	10880,78
7	Заводские расходы		13,15	4,14
	Себестоимость заводская	Сзав	13138,55	10884,92

#### 4.5 Расчет экономической эффективности проекта

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия)

$$Pr_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.40)$$

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (13138,55 - 10884,92) \cdot 1000 = 2253630 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект от внедрения более производительного оборудования

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = [(C_{\text{зав}}^{\text{б}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{б}}) - (C_{\text{зав}}^{\text{пр}} + E_{\text{н}} \cdot K_{\text{уд}}^{\text{пр}})] \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.41)$$

$$\text{Эгод} = [(13138,55 + 0,33 \cdot 1,35) - (10884,92 + 0,33 \cdot 26,70)] \cdot 1000 = 2245259 \text{ руб.}$$

Показатели снижения трудоемкости

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штБ}} - t_{\text{штПР}}}{t_{\text{штБ}}} \cdot 100\% \quad (5.42)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,054 - 0,024}{0,054} \cdot 100\% = 55\%$$

Показатель повышения производительности труда

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.43)$$

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

Изменение заводской себестоимости

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{C_{\text{зав}}^{\text{БЗ}} - C_{\text{зав}}^{\text{ПР}}}{C_{\text{зав}}^{\text{БЗ}}} \cdot 100\% \quad (5.44)$$

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{13138,55 - 10884,92}{13138,55} \cdot 100\% = 17\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{вГ}}} \quad (5.45)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{26708}{2253630} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (5.46)$$

Выводы по разделу

Трудоемкость проектного варианта меньше на 55%. Повышение производительности труда 122%.

Для реализации разработок проекта нужны капитальные вложения в размере 26708 руб. Срок их окупаемости около 0,5 года. За счет внедрения механизированной сварки, обладающей более высокой

производительностью, получим ожидаемый годовой экономический эффект в размере 2245259 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базовой технологии процесса сварки ферм промышленных зданий показал, что его недостатки обусловлены низким уровнем механизации процесса сборки и сварки.

По результатам анализа предложено внедрить процесс механизированной сварки и специализированное сборочное приспособление.

Разработан технологический процесс механизированной сварки, выбран присадочный материал, режимы механизированной сварки. Сконструировано приспособление с винтовыми зажимными механизмами.

Применение механизированной сварки проволокой сплошного сечения по разработанной технологии и приспособления позволяет повысить производительность труда на операциях сборки и сварки.

предполагаемый годовой экономический эффект составит 2245259 руб. Цель проекта достигнута

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с.
3. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
4. Пейсахов А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
5. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
6. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
7. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
8. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
9. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
10. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф.

- "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003.  
- 13 с.
11. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
  12. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
  13. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
  14. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
  15. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
  16. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
  17. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
  18. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
  19. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
  20. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
  21. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
  22. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
  23. Справочник сварщика-строителя / Бондарь В.Х., Шкуратовский Г.Д. – 3-е изд., перераб и доп. – Киев: Будівельник, 1982. – 240 с.

24. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
25. Справочник по сварочным работам / Под ред. Хромченко Ф. А. — Москва: НПО ОБП, 2002. - 432 с.
26. Гитлевич А. Д. Альбом механического оборудования сварочного производства - М.: Высшая школа, 1974. - 234 с.
27. Методическое пособие для курсового проектирования по предмету: Технология электрической сварки плавлением / Раздел: Расчетно-экспериментальный метод определения режимов механизированной дуговой сварки под флюсом углеродистых и низколегированных сталей. – Составил Гордиевский В. Г. - 2003. - 18 с.
28. Методическое пособие для курсового проектирования по предмету: Технология электрической сварки плавлением / Раздел: Расчетно-экспериментальный метод определения режимов механизированной дуговой сварки в среде углекислого газа углеродистых и низколегированных сталей. - Составил Гордиевский В. Г. - 2003. - 11 с: и
29. Справочник по технике безопасности, противопожарной технике и производственной санитарии. Изд. 4-е, перераб. В 4-х томах. Том 3. правила инструкции, нормы. Л.: Судостроение, 1971. - 584 с.
30. Кноринг Г. М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. Л.: Энергия, 1973. - 200 с.