

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология
сварочного производства
 Отделение электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии сборки и сварки узлов фермы

621.791:692.5:624.072.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Абдугаппаров Хуршид		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства	Першина А.А.	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология
сварочного производства
 Отделение электронной инженерии
УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В51	Абдугаппаров Хуршид

Тема работы:

Разработка технологии сборки и сварки узлов фермы	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Цель работы - разработать технологию сборки и сварки треугольных стропильных ферм и предложить материал и тип решеток и очертания фермы.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Литературный обзор должен быть посвящен общим характеристикам стропильных ферм их классификации и особенностям изготовления 2 В практической части работы необходимо дать краткую характеристику планируемой к изготовлению конструкции 3 Определить перечень операций необходимых для производственного цикла 4 Осуществить обоснованный выбор способа сварки, сварочного оборудования и материалов 5 Определить расход основного и сварочного материалов

	6 Определить этапы, объемы и методы контроля качества изготавливаемой конструкции 7 провести анализ химического состава сварного соединения 8 Рассмотреть требования к организации сварочного производства 9 Выполнить анализ конкурентоспособности и ресурсоэффективности разработанной технологии 10 Провести анализ опасных и вредных факторов которые возникают при внедрении технологии в производство 11 Сделать выводы
--	--

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Отправочная марка стропильной фермы (ФЮРА 301365.001 ВО)
---	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Обзор литературы	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Описание сварной конструкции	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Разработка технологии	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ
Комплект технологических документов	Першина А.А., к.т.н., доцент ОЭИ

Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:
Введение
Заключение

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Абдугаппаров Хуршид		

Министерство науки и образования Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Уровень образования высшее
 Отделение электронной инженерии
 Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа (бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.02.2020	1. Обзор литературы	10
28.02.2020	2. Описание конструкции	10
15.03.2020	3. Разработка технологии сборки и сварки 1.1. Выбор способа сварки 1.2. Выбор сварочных материалов	10
30.03.2020	1.3. Расчет параметров режима сварки 1.4. Выбор сварочного оборудования	10
05.04.2020	1.5. Методы борьбы со сварочными деформациями	10
20.04.2020	1.6. План раскроя заготовок 1.7. Заготовительные операции	10
05.05.2020	1.8. Сборочные операции	10
15.05.2020	1.9. Сварочные операции 1.10. Контроль качества сварных соединений	10
25.05.2020	4. Комплект технологической документации	10
01.06.2020	5. Заключение	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Гордынец А.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение. Оборудование и технология сварочного производства				

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ,
РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В51	Абдугаппаров Хуршид

Школа	Неразрушающего контроля	Отделение	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ»
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - накладные расходы – 16%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. <i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

*Оценка конкурентоспособности технических решений
Матрица SWOT*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Абдугаппаров Хуршид		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1В51	Абдугаппаров Хуршид

Школа	Неразрушающего контроля	Отделение	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

Разработка технологии сборки и сварки узлов фермы	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Выполнение сварочных работ, заготовка (резка и рубка) стальных листов и профильного уголка, работа со сварочным трансформатором, расплавленным металлом (сварочная ванна), дугой. Рабочее место расположено в цеху 84 м². Имеет естественное и искусственное освящение. В цеху находятся сборочно-сварочные приспособления, полки для операционных карт, компьютер.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>ГОСТ 12.0.003-2015 ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ СанПиН 2.2.4.3359-16 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ 12.1.018-93 ГОСТ Р 55090-2012 ФЗ-197 СП 53-101-98</i>
2. Производственная безопасность:	<i>Произвести анализ потенциальных вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве по сборке и сварке металлоконструкции, а также разработать план мероприятий по их снижению: повышенный уровень шума на рабочем месте; психофизические факторы (физические перегрузки, монотонная работа); неудовлетворительные микроклимат и воздушная среда рабочего участка; запылённость воздуха; электробезопасность; ультрафиолетовое облучение; неудовлетворительный уровень; освещенности рабочего участка; термическая опасность; физическое ранение быстродвижущейся острой кромкой отрезного диска.</i>
3. Экологическая безопасность:	<i>Рассмотреть: выбросы вредных веществ в атмосферу (сварочный</i>

	аэрозоль); необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p><i>Определить перечень наиболее возможных ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий в результате разрядов атмосферного электричества, ураган, землетрясение. Наиболее актуальная ЧС – возникновение пожара; Рассмотреть профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации её последствий:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного крана и пожарного щита;</i> <i>2. обеспечение средствами индивидуальной защиты;</i> <i>3. организационная эвакуация работников.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	02.03.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1В51	Абдугаппаров Хуршид		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 134 с., 13 рис., 20 табл., 18 источников, 3 прил.

Ключевые слова: стропильная ферма, сборочно-сварочный стенд, сварка в среде защитного газа, производственный цех, технологический процесс.

Объектом разработки является технологический процесс сборки и сварки стропильных ферм, которые служат основным элементом для перекрытия зданий.

Цель работы заключается в разработке технологии сборки и сварки трапецидальных стропильных ферм и выполнении плана расстановки оборудования в производственном цеху.

В процессе работы был проведен аналитический обзор по литературным источникам, с целью ознакомления с их характеристиками и особенностями изготовления в мировой практике.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы был определен перечень необходимых операций для производственного цикла, выбран способ сварки, а также сварочное оборудование, материалы и приспособления, облегчающие сборку. Предложен план расстановки оборудования в производственном цеху. Проведен анализ конкурентоспособности, ресурсоэффективности предлагаемой технологии и анализ вредных и опасных факторов на производстве.

Результаты исследования могут быть применены на предприятиях, занимающихся изготовлением стропильных ферм и других металлоконструкций.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. СТП ТПУ 2.5.01-2014 Положение о выпускных квалификационных работах бакалавра, специалиста и магистра в Томском политехническом университете.
2. ГОСТ 7.32-2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
3. ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
4. ОНТП 09-96 Отраслевые нормы технологического проектирования.
5. ГОСТ 2601-84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий.
6. ГОСТ 14771-76 Швы сварных соединений. Электродуговая сварка в защитных газах.
7. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная.
8. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия.
9. РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
10. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
11. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
12. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
13. ГОСТ 17.2.3.02-2014 Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ на промышленном предприятии.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ПТД - проектно-техническая документация;

МП - Механизированная сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа;

УССП - Универсальные сборочно-сварочные приспособления;

ОТК - Отдел технического контроля;

ВИК - Визуально-измерительный контроль;

УЗК - Ультразвуковой контроль.

$d_{э.п}$ - Диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{св}$ - Сварочный ток, А;

$U_{св}$ - Напряжение сварки, В;

$V_{св}$ - Скорость сварки, м/ч;

$l_{выл}$ - Вылет сварочной проволоки, мм;

$V_{под}$ - Скорость подачи электродной проволоки, м/ч;

$n_{пр}$ - Общее количество проходов;

$q_{зг}$ - Расход защитного газа, л/ч.

Содержание

Введение.....	16
1 Описание конструкции	17
1.1 Условия эксплуатации и габариты конструкции.....	17
1.2 Общая характеристика и назначение конструкции.....	28
1.3 Химический состав и свойства основного материала	34
1.4 Специальные требования, предъявляемые к сварным соединениям.....	35
1.5 Оценка свариваемости.....	35
2 Выбор способа сварки	36
3 Выбор сварочного оборудования и материалов	38
3.1 Выбор источника питания сварочной дуги.....	38
3.2 Выбор защитного газа	28
3.3 Выбор сварочной проволоки	35
4 Расчет параметров режима сварки	36
4.1 Определение площади поперечного сечения шва.....	36
4.2 Определение величины сварочного тока	36
4.3 Определение напряжения дуги.....	38
4.4 Определение коэффициента формы провара.....	39
4.5 Определение скорости перемещения сварочной дуги.....	39
4.6 Определение скорости подачи электродной проволоки.....	44
5. Расчет расхода основного и сварочных материалов	45
5.1 Расчет расхода основного материала.....	45
5.2 Расчет расхода сварочной проволоки	45
6. Технология сборки и сварки конструкции.....	53
6.1 Определение последовательности наложения сварных швов.....	54
6.2 Подготовка свариваемых кромок. Зачистка и обезжиривание	56
6.3 Подготовка сварочных материалов.....	57
6.4 Методы по снижению сварочных деформаций	69
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	70
7.1 Расчет себестоимости продукции	70
7.1.1 Материальные затраты	70

7.1.2 Затраты на основной конструкционный материал	70	
7.1.3 Затраты на основной сварочный материал	71	
7.1.4 Затраты на вспомогательный материал	72	
7.1.5 Затраты на технологическую электроэнергию	72	
7.2 Расходы на оплату труда основных рабочих.....	73	
7.2.1 Затраты на заработную плату определяются по формуле:	73	
7.2.2 Определение страховых взносов	74	
7.2.3 Накладные расходы	74	
7.3 Определение цены продукта и прибыли от реализации	75	
7.4 Анализ потенциальных рисков.....	75	
8 Социальная ответственность	77	
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77	
8.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	77	
8.2 Производственная безопасность	78	
8.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, возникающих	при проведении электросварочных работ на производстве	78
8.2.2 Разработка и анализ мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов.....	83	
8.2.2.1 Производственный шум рабочего участка.....	84	
8.2.2.2 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция на рабочем месте....	85	
8.2.2.3 Поражение электрическим током и УФ излучением	86	
8.2.2.4 Освещенность рабочего участка производства	89	
8.2.2.5 Правила безопасности при работе на механическом оборудовании и слесарном инструменте	89	
8.2.2.6 Психофизические факторы	91	
8.2.2.7 Термическая опасность.....	93	
8.3 Экологическая безопасность	93	
8.3.1 Влияние производственного процесса на окружающую среду	93	
8.3.2 Применяемые мероприятия по защите окружающей среды	94	
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	95	

8.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве.....	95
8.4.2 Применяемые мероприятия по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	96
Заключение	99
Список использованных источников	100
Приложение А Отправочная марка	102
Приложение Б Спецификация	103
Приложение В Комплект технологической документации	106

Введение

Неотъемлемой частью перекрытия промышленного здания служат сварные стропильные фермы. Тот факт, что сварные фермы являются ответственными конструкциями, подразумевает наличие повышенных требований к их качеству. Эти требования учитываются на этапах проектирования, изготовления и монтажа перекрытия. Как правило, процесс изготовления элементов перекрытия носит мелкосерийный характер.

Появляется необходимость в разработке комплекта технологической документации, описывающего технологию сборки и сварки отправочной марки фермы.

На основании вышесказанного, целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса сборки и сварки отправочной марки стропильной фермы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- исходя из геометрических параметров соединяемых элементов и их материала, выбрать способ сварки, обеспечивающий высокое качество швов и производительность процесса;
- осуществить выбор сварочного материала и оборудования;
- выполнить расчет количества основного и сварочного материалов, необходимых для изготовления всего перекрытия;
- определить последовательность наложения сварных швов отправочной марки;
- разработать комплект технологической документации на сборку и сварку стропильной фермы.

1 Описание конструкции

1.1 Условия эксплуатации и габариты конструкции

Сварная стропильная ферма является неотъемлемой частью промышленного здания. Условие эксплуатации фермы представляет собой окружающую среду внутреннего помещения этого здания. Следовательно, конструкция стропильной фермы классифицируется как воспринимающая постоянные и временные нагрузки и воздействия, эксплуатируемая в неагрессивной среде отапливаемого помещения [2].

Отправочная марка фермы разработана по исходным данным, приведенным в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные данные проектирования отправочной марки стропильной фермы

Характеристика	Исходные данные
Место строительства	г. Северск
Размеры здания, м	24x90x24
Очертание поясов фермы	Треугольное
Тип решетки	Раскосная нисходящая
Наименование проката поясов	Труба квадратного сечения
Наименование проката решетки	Труба квадратного сечения
Тип кровли	Теплая прогонная

Отправочная марка спроектированной стропильной фермы представляет собой прямоугольный треугольник, состоящий из поясов 1 и 2, а также решетки, состоящей из раскосов 3 и стоек 4 (рисунок 1.1). Длина панели нижнего пояса d_n равна 3 м. Длина панели верхнего пояса d_v равна 3,092 м. Высота в пролете h равна 3 м. Уклон верхнего пояса фермы равен 1:4 [2].

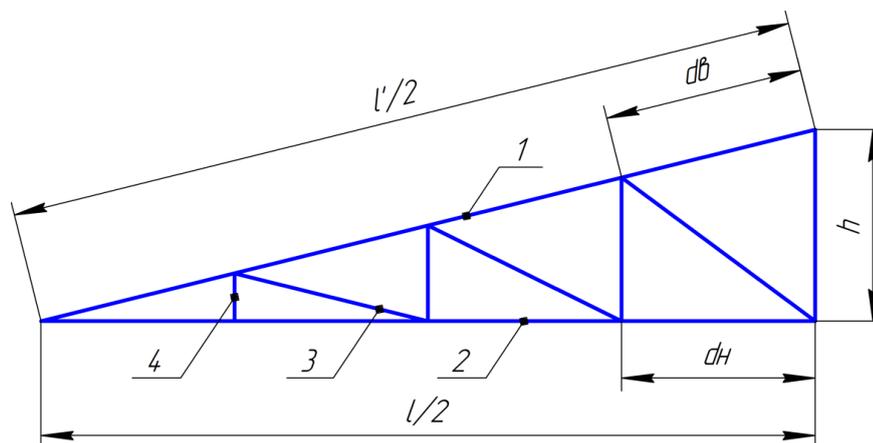


Рисунок 1.1 – Отправочная марка фермы

Последовательная расстановка собранных на монтаже отправочных марок фермы в ряд с определенным шагом, с установкой их опорных узлов на колонны представляет собой план перекрытия промышленного здания. На рисунке (рисунок 1.2) представлен план перекрытия спроектированного промышленного здания, с указанием габаритных размеров, размеров расстояния шага колонн и расположения поперечного температурного шва.

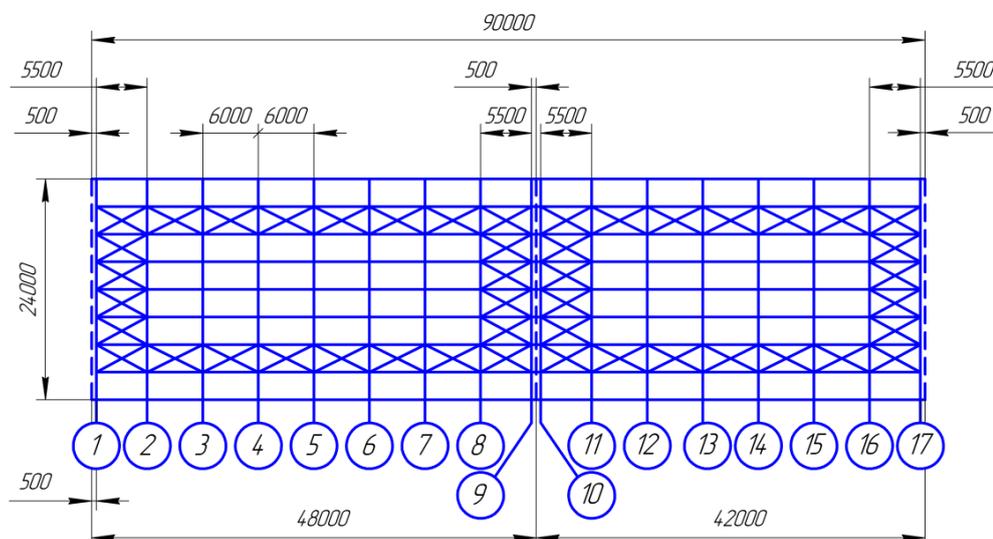


Рисунок 1.2 – План перекрытия здания

Согласно плану перекрытия, количество отправочных марок, необходимое для осуществления перекрытия здания размером 24x90x24 м составляет 34 единицы. Данные сведения необходимы при расчете количества расходуемого основного и сварочного материалов, требуемых как на

изготовление одной отправочной марки фермы, так и на перекрытие промышленного здания в целом.

1.2 Общая характеристика и назначение конструкции

Стальное перекрытие современного одноэтажного промышленного здания представляет собой пространственную систему, скомпонованную из многих элементов. Иными словами, фермы образуются из прямолинейных стержней, соединённых в узлах в геометрически неизменяемую систему, к которой нагрузка прикладывается только в узлах. Стропильная ферма выступает в роли каркаса, на который передается нагрузка от кровельной системы на стены здания и фундамент, а также являющийся опорой для кровли [4].

1.2.1 Характеристика стержней поясов и решетки стропильной фермы

Подбор сечения сжатых стержней фермы выполнен с определения требуемой площади по формуле:

$$F_{mp} = \frac{N}{\varphi \cdot R \cdot m}, \quad (1)$$

где N – расчетное усилие стержня;

R – расчетное сопротивление стали;

m – коэффициент условия работы;

φ – коэффициент продольного изгиба;

Требуемая площадь сечения растянутых стержней находилась по формуле:

$$F_{mp} = \frac{N}{R}. \quad (2)$$

В качестве элементов перекрытия промышленного здания принято использовать сварные стропильные фермы, состоящие их стержней уголкового профиля. При этом в качестве стержней поясов и решетки фермы

используется пара уголков. Однако не исключено применение стержней с другим типом профиля.

В качестве профиля стержней спроектированной стропильной фермы была выбран профиль трубы квадратного сечения. В качестве обоснования выбора приводятся следующие утверждения:

- конструкция фермы, состоящая из труб, имеет относительно небольшой вес, за счет наличия полости внутри сечения трубы;

- использование труб квадратного сечения более рационально, чем при использовании другого типа профиля, с точки зрения ресурсосбережения основного материала;

- труба квадратного сечения имеет способность одинаково сопротивляться продольному изгибу при сжатии в направлениях своих осей поперечного сечения профиля, как в направлении $x - x$ и направлении $y - y$ (рисунок 1.5).

Для доказательства обоснования необходимо осуществить анализ и сравнение справочных величин сечения профилей по ГОСТ 8639-82 «Трубы стальные квадратные. Сортамент» [5] и ГОСТ 8509-93 «Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент» [6].

Расчетное значение требуемой площади сечения стержня для верхнего пояса фермы составляет $F_{\text{тр.р}}^{\text{в.п.}} = 65 \text{ см}^2$. Соответственно, значение площади сечения профиля стержня F по [6] должно быть больше или равно расчетному требуемому значению.

Согласно ГОСТ 8509-93 сумма площадей пары уголков под номером №16 с толщиной полки $t = 11 \text{ мм}$ (Рисунок 1.3) обеспечит заданную расчетную площадь.

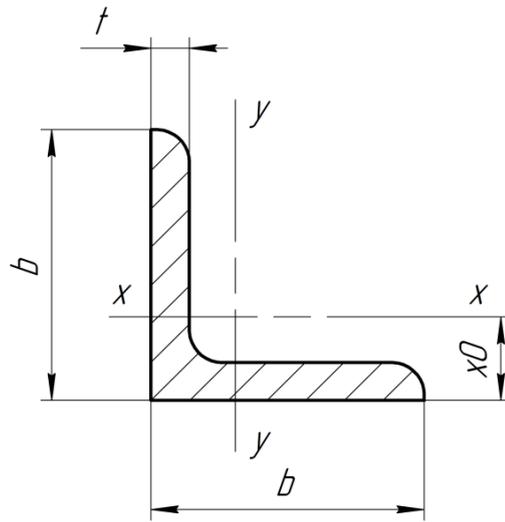


Рисунок 1.3 – Уголок равнополочный

Справочные величины выбранного уголка заносятся в таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Справочные величины уголка равнополочного №16 по ГОСТ 8509-93

Номер уголка	b, мм	t, мм	F, см ²	x ₀ , см	I _x =I _y , см ⁴	W _x =W _y , см ³
16	160	11	34,42	4,35	844,21	72,44

Для пары уголков величина W_x является постоянной, однако значение осевого момента сопротивления W_y для пары уголков изменится.

Для нахождения осевого момента сопротивления сечения для пары уголков используется формула:

$$W_y = \frac{J_y}{y_{\max}}, \quad (3)$$

где $J_{y'}$ – осевой момент инерции пары уголков относительно дополнительной оси $y' - y'$ (Рисунок 1.4), см⁴;

y_{\max} – расстояние от дополнительной оси до крайней точки профиля в направлении плоскости, перпендикулярном этой оси (Рисунок 4).

Осевой момент инерции для двух спаренных уголков относительно дополнительной оси:

$$J_{y'} = 2 \cdot (J_y + F \cdot c^2), \quad (4)$$

где J_y – собственный момент инерции сечения фигуры, см^4 ;

c – расстояние от дополнительной оси до оси собственного момента инерции сечения фигуры (рисунок 1.4);

F – площадь сечения фигуры, см^2 .

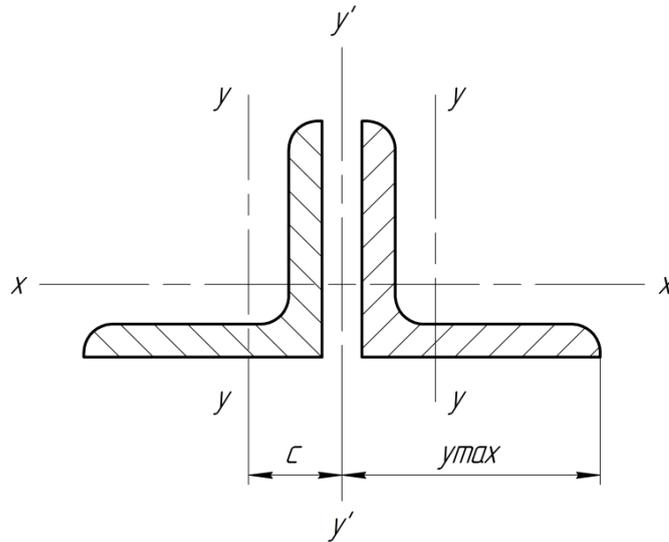


Рисунок 1.4 – Сечение пары уголков

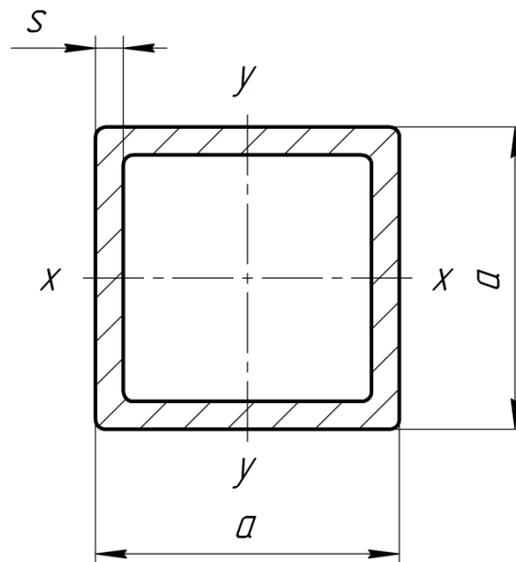


Рисунок 1.5 – Сечение квадратной трубы

Выбранным номером профильной трубы по ГОСТ 8639-82 является №180. Справочные величины выбранного уголка и профильной трубы заносятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристики сечения профиля

Тип сечения	Характеристики проката				
	Толщина стенки/ полки, мм	Площадь сечения, см ²	Момент сопротивления W_x , см ³ ~	Момент сопротивления W_y , см ³ ~	Масса 1 м, кг
Труба квадратного сечения №180[5]	10	66,28	350,44	350,44	52,03
Уголок равнополочный №16 [6]	11	32,42	72,44	72,44	27,02
Пара уголков равнополочных №1[6]	11	68,84	144,88	200,46	54,04

Как видно из таблицы 1.3, при практически равной площади и массе требуемого сечения профиля, значение осевого момента сопротивления пары уголков относительно оси $x - x$ меньше в два с половиной раза значения осевого момента сопротивления трубы квадратного сечения. Следовательно, стержни стропильной фермы, состоящей из труб, квадратного сечения будут лучше сопротивляться продольному изгибу при сжатии.

В результате расчетов и подбора требуемой площади сечения стрижней строится таблица 1.4.

Таблица 1.4 – Характеристики проката трубы квадратного сечения [5]

Расположение стержня в конструкции фермы	Условное обозначение	Толщина стенки, мм	Площадь сечения F , см ²
Верхний пояс	№180	10	66,28
Нижний пояс	№150	10	54,28
Раскосы	№80	9	24,17
Стойки	№60	8	15,54

1.2.2 Характеристика узлов стропильной фермы

Узел стальной фермы является местом сопряжения пересекающихся стержневых элементов поясов и решетки, нагружаемых осевыми усилиями, различными по величине и по знаку. По условиям работы такие узлы характеризуются достаточно сложным напряженным состоянием и, следовательно, являются наиболее слабыми местами всей конструкции в целом.

Существует ряд требований, предъявляемых к узлу фермы [7], [8] (Рисунок 1.6):

- минимальное расстояние между двумя ближайшими точками сопряженных стержней должно составлять не менее 40...50 мм;
- минимальное расстояние, на которое фасонка, соединяющая стержни в точке их пересечения, должна выступать от края стенки стержня должно составлять не менее 15...20 мм;
- длина сварных швов, соединяющих пояса, раскосы и стойки фермы с фасонкой должна равняться расчетной длине швов, но ее длина должна составлять не менее 60 мм.

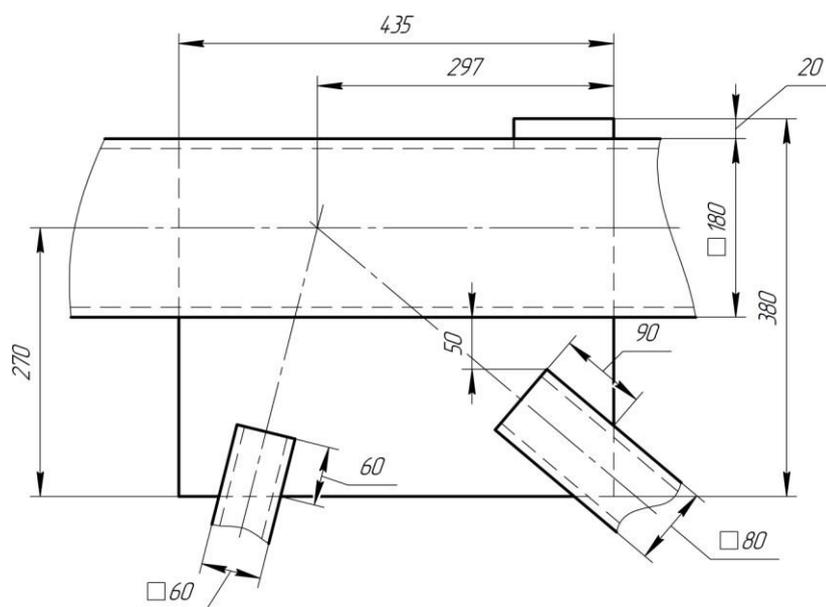


Рисунок 1.6 – Эскиз узла фермы

1.3 Химический состав и свойства основного материала

Наиболее распространенной классификацией сталей для строительных конструкций является классификация по уровню основных механических свойств в готовом прокате, главным образом по пределу текучести. В итоге в строительной сфере производства металлоконструкций применяется стальной прокат со значением предела текучести равным $\sigma_T = 220 \dots 900 \text{ Н/мм}^2$.

Требования к стали, из которой создается строительная конструкция, обусловлены необходимостью наличия повышенной эксплуатационной надежности и долговечности в условиях статического, динамического и знакопеременного внешнего нагружения. Выполнение этих требований становится возможным при использовании сталей с высокими механическими свойствами.

В связи с этим, материалом конструкции назначается сталь СтЗсп. Данная марка стали применяется и используется в промышленности в несущих элементах сварных и несварных конструкций и деталей, которые работают при положительных температурах, и имеет предел прочности при растяжении $\sigma_B = 380 - 390 \text{ МПа}$. Химический состав представлен в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Сталь конструкционная углеродистая обыкновенного качества СтЗсп. Химический состав стали в % [9]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As	Fe
0,13-0,22	0,15-0,3	0,4-0,65	до 0,3	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08	~97

Контролирующим документом выбранного основного материала конструкции является ГОСТ 380-2005 «Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки» [9].

1.4 Специальные требования, предъявляемые к сварным соединениям

Специальные требования, предъявляемые к сварным соединениям, описаны в руководящих документах, таких как СП 53-101-98 «Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций» [10], РД 34.15.132-96 «Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов» [8], ГОСТ Р ИСО 3834-1-2007 «Требования к качеству выполнения сварки плавлением металлических материалов» [11].

1.5 Оценка свариваемости

Оценка свариваемости металлического материала определяется в соответствии с ГОСТ 29273-92 «Свариваемость. Определение» [12].

При правильном выборе сварочных материалов низкоуглеродистые стали (в частности сталь СтЗсп) практически нечувствительны к термическому циклу и при сварке не требуется применение специальных технологических приемов. Они хорошо свариваются в широком диапазоне режимов, и при этом обеспечивается равная прочность металла шва и основного металла.

2 Выбор способа сварки

Для выбора способа сварки необходимо произвести сравнительный анализ наиболее распространенных и часто применяемых в машиностроительной промышленности способов сварки и выделить один, наиболее предпочтительный в контексте изготовления конструкции сварной стропильной фермы. Для этой цели составляется таблица преимуществ и недостатков того или иного способа сварки, проводится сравнительный анализ и выявляется наиболее характерный способ сварки.

Согласно техническому заданию и выбранному способу изготовления, процесс сварки происходит в производственном помещении, все сварные швы в изделие имеют незначительную протяженность, и располагаются в удобном нижнем положении.

Таблица 2.1 – Способы сварки. Преимущества и недостатки [13]

	Преимущества	Недостатки
Ручная дуговая сварка плавящимися электродами с основным видом покрытия	<ul style="list-style-type: none">– Высокий показатель пластичности шва– Обеспечение равной прочности шва без риска появления горячих трещин– Низкое содержание примесей в металле шва– Получение швов любого пространственного положения– Маневренность при выполнении сварочных операций	<ul style="list-style-type: none">– Повышенная чувствительность электродов к влаге– Чувствительность к образованию пор в шве при удлинении дуги– Необходимость в предварительной прокалке электродов– Низкая производительность и КПД сварки– Зависимость качества сварного соединения от квалификации сварщика

Продолжение таблицы 2.1

	Преимущества	Недостатки
Механизованная сварка плавящимся электродом в среде защитного газа	<ul style="list-style-type: none"> – Высокое качество сварных соединений – Возможность ведения сварки в различных пространственных положениях – Возможность визуального наблюдения за формированием шва – Высокая производительность и легкость механизации – Низкая стоимость при использовании активных газов 	<ul style="list-style-type: none"> – Высокий показатель разбрызгивания металла

Согласно проведенному анализу преимуществ и недостатков способов сварки по таблице 2.1, механизированная сварка в среде защитного газа является самым производительным способом сварки стропильной фермы с учетом особенностей конструкции, химического состава основного материала, габаритных размеров, расположения швов и количества изготавливаемых изделий, необходимого для осуществления перекрытия промышленного здания.

3 Выбор сварочного оборудования и материалов

3.1 Выбор источника питания сварочной дуги

Выбор сварочного оборудования и материалов, отвечающих необходимым для данного способа сварки требованиям, осуществляется с учетом условий обеспечения бездефектности сварного шва, равнопрочности сварного соединения с основным металлом, оптимального химического состава металла шва и устойчивости сварных соединений при нагрузках.

Разработка технологии сварки и последующее выполнение сварочных операций при производстве металлоконструкции подразумевает использование сварочного оборудования и приспособлений. Для выполнения сварочных операций механизированным способом может применяться как автоматы, так и полуавтоматы.

ИП сварочной дуги должен соответствовать различным критериям, таким как возможность поддержания стабильного горения электрической дуги в пределах требуемого диапазона сварочного тока, обеспечение заданной скорости подачи сварочной проволоки, возможность подачи электродной проволоки заданного диаметра, экономичность, надежность, и прочее.

Следуя этим условиям, производится выбор ИП с требуемыми характеристиками. Таким ИП является сварочный инверторный полуавтомат EVOMIG 650 PRO AI. Выбранный полуавтомат содержит сварочный источник питания, устройство подачи электродной проволоки, а также кабель-пакет 1,5 м. Характеристики источника питания сварочной дуги приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики сварочного полуавтомата EVOMIG 650

Вес, кг	66
Диапазон скорости подачи проволоки, м/мин	1-35
Пределы регулирования тока, А	25-650
Управление	Синергетическое
Диапазон применимой сварочной проволоки, мм	0,8-2,0
Габаритные размеры, мм	740x300x730
Напряжение холостого хода, В	67
Род тока	Постоянный
Тип	Инверторный
Охлаждение	Жидкостное
Тип сварки	MIG/MAG

Данный многофункциональный и современный источник питания обладает рядом характерных преимуществ, позволяющих выполнять сварные соединения очень высокого качества. Сварочный полуавтомат инверторного типа EVOSPARK модель EVOMIG PRO A1 650 является полностью российской разработкой и производится в России [14].

3.2 Выбор защитного газа

В качестве защиты дуги от вредоносного воздействия окружающей среды применяются газы и их смеси. Согласно источнику [13], газовая смесь на основе аргона с процентным содержанием углекислого газа в пределах 15-18 % является наиболее предпочтительной газовой защитной средой для механизированной сварки. Наличие в смеси аргона обеспечивает наиболее стабильный перенос электродного металла в сварочную ванну. Наличие в смеси окислительного потенциала (углекислого газа) уменьшает растворимость водорода в металле сварочной ванны.

При этом реакция окисления углерода при высоких температурах приводит к интенсивному выделению CO из расплавленного металла. В результате кипения сварочной ванны из нее лучше удаляются водород и азот, что приводит к снижению пористости металла шва, чем при сварке в среде чистого аргона. Показатель пластичности шва при сварке в смеси Ar + CO₂ выше, чем при сварке в чистом CO₂, однако показатель прочности не меняется.

Определяющим фактором выбора сварочного защитного газа является ценовая составляющая. Для определения наиболее выгодного защитного газа для полуавтоматической сварки, с позиции цена/качество, составляется таблица 3.2.

Таблица 3.2 – Соотношение цены и качества защитного газа

	Газовая смесь на основе Ar и компонента CO ₂ 80 %/20 % ISO 14175 – M21 [15]	Двуокись углерода газообразная CO ₂ 100% ISO 14175 – C1 [15]
Коэффициент разбрызгивания ψ [13], %	1,8-4	6,8-8,5
Цена [16, 17], руб/баллон	940	500

Исходя из данных, предоставленных в таблице 9, делается вывод о том, что при больших объемах сварочного производства наиболее дешевым защитным газом является углекислый газ.

Классификация газовой смеси осуществляется по ГОСТ Р ИСО 14175-2010 «Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов» [15].

Чистота углекислого газа и содержание примесей регламентируется ГОСТ 8050–85 «Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия» [18].

3.3 Выбор сварочной проволоки

Марка сварочной проволоки выбирается в зависимости от химического состава металла сварной конструкции.

При механизированной сварке углеродистой стали в среде углекислого газа с увеличением силы тока происходит более интенсивное выгорание легирующих элементов в металле шва. Для того чтобы предотвратить вредную составляющую этого процесса в сварочную ванну вводят дополнительные элементы раскислители, которые хорошо взаимодействуют с кислородом. Этими раскислителями являются марганец и кремний. Они выводят в шлак избыток кислорода и на участках сварочной ванны, имеющих пониженную температуру, восстанавливают железо из оксидов [13].

Сварочная проволока является источником раскислителей. Поэтому при сварке в CO_2 используется сварочная проволока, легированная марганцем и кремнием.

В качестве сварочного плавящегося электрода выбирается сварочная проволока сплошного сечения Св-08Г2С.

Таблица 3.3 – Химический состав проволоки Св-08Г2С [19], %

Марка проволоки	C	Mn	Si	Cr	Ni	S, не более	P, не более
Св-08Г2С	0,08	1,4...1,7	0,6...0,85	0,2	0,25	0,025	0,03

Контролирующим документом сварочного материала является ГОСТ 2246-70 «Проволока стальная сварочная. Технические условия. Межгосударственный стандарт» [19].

4 Расчет параметров режима сварки

В теории механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов основными параметрами режима являются: диаметр электродной проволоки $d_э$, сила сварочного тока $I_{св}$, напряжение на дуге $U_д$, скорость сварки $v_{св}$, скорость подачи сварочной проволоки $v_{п.п.}$, расход защитного газа $G_г$.

Для проведения расчетов по нахождению вышеперечисленных и других требуемых параметров режима сварки необходимо воспользоваться методическими указаниями и рекомендациями, принимаемые из литературных источников [20] и [21].

4.1 Определение площади поперечного сечения шва

Площадь поперечного сечения наплавленного металла углового шва определяется по формуле:

$$F_{ки} = \frac{k_i^2}{2}, \quad (5)$$

где k_i – катет i -го углового шва.

$$F_{к1} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ мм}^2,$$

$$F_{кi} = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2.$$

4.2 Определение величины сварочного тока

Для того чтобы реализовать расчет режимов сварки и требуемого диапазона сварочного тока необходимо выделить все типы сварных соединений, присутствующие в конструкции, их размеры, расположение и конструктивные особенности.

На рисунке 4.1 можно увидеть, какие типы сварных соединений по ГОСТ 14771-76 [22] присутствуют в узле. Помимо данного узла указанные типовые соединения распространяются на всю конструкцию. Ими являются:

- угловые швы таврового соединения №1 с катетом 8 мм, соединяющие стержни верхнего пояса, раскосов и стоек с фасонкой,
- угловые швы таврового соединения №3 с катетом шва 4 мм, соединяющие заглушки с торцами стержней (профильных труб квадратного сечения).

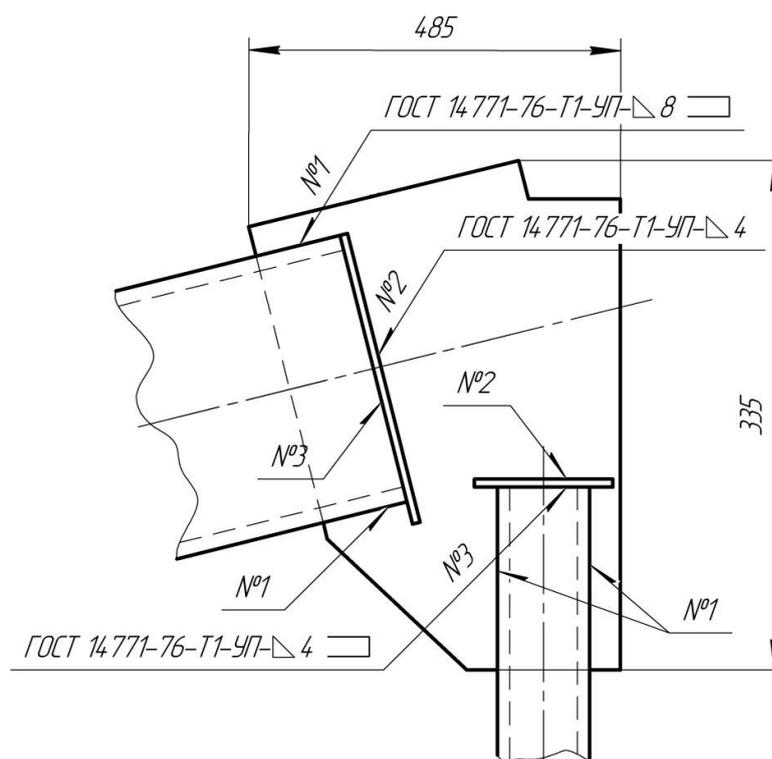


Рисунок 4.1 – Коньковый узел отправочной марки фермы

Минимальное значение катета шва принимают по рекомендациям, принятым из нормативного документа [22].

Для последующего расчета параметров режима сварки необходимо предварительно определить требуемый диаметр электродной проволоки. При ее выборе следует учитывать, что угловые швы с малым катетом можно получить лишь при использовании электродной проволоки малого диаметра.

Согласно рекомендациям [20], для швов №3 и №2 (Рисунок 4.1) с размером катета равным $k = 4$ мм следует применить сварочную проволоку с диаметром сечения $d_3 = 2$ мм, для швов №1 с размером катета равным $k = 8$ мм в том числе можно применить сварочную проволоку с диаметром $d_3 = 2$ мм.

Для принятого диаметра сечения электродной проволоки по рекомендациям [20] подбирается плотность тока приведённая в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Допустимая плотность тока при механизированной сварке угловых швов

Диаметр электрода, мм	Допустимая плотность тока, $j_э$, А/мм ²
2,0	60...150

Сила тока вычисляется по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi d_э^2 j}{2}, \quad (6)$$

где $d_э$ – диаметр электрода, мм;

$j_э$ – плотность тока, А/мм².

$$I_{св.min} = \frac{\pi \cdot 2^2 \cdot 60}{2} = 188A,$$

$$I_{св.max} = \frac{\pi \cdot 2^2 \cdot 150}{2} = 471A.$$

Согласно расчетам, требуемый сварочный ток находится в диапазоне допустимых значений от 188 до 471 А. Данный диапазон сварочного тока применим для получения соединений всех типовых швов рассматриваемой конструкции, полученных механизированной сваркой.

4.3 Определение напряжения дуги

Для принятого диаметра электродной проволоки и силы сварочного тока определяется оптимальное напряжение:

$$U_д = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_э}} I, \quad (7)$$

$$U_{дmin} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \cdot 188 = 24,6B,$$

$$U_{дmax} = 17 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2}} \cdot 471 = 34,6B.$$

4.4 Определение коэффициента формы провара

После нахождения значений сварочного тока, диаметра электрода и напряжения дуги, коэффициент формы провара определяется по формуле:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \frac{d_{э} \cdot U_{д}}{I_{св}}, \quad (8)$$

где K' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Коэффициент K' при сварке на обратной полярности при плотности тока не более $j < 120 \text{ А/мм}^2$ вычисляется по формуле:

$$K' = 0,367 \cdot j^{0,192}, \quad (9)$$

$$K' = 0,367 \cdot (60 \text{ А/мм}^2)^{0,1925} = 0,807.$$

Коэффициент K' для плотности тока большего или равного значению $j \geq 120 \text{ А/мм}^2$ для постоянного тока обратной полярности является постоянной величиной, равной $K' = 0,92$.

$$\psi_{np.min} = 0,807 \cdot (19 - 0,01 \cdot 188) \frac{2 \cdot 24,6}{188} = 3,62,$$

$$\psi_{np.max} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 471) \frac{2 \cdot 34,6}{471} = 1,93.$$

Значения коэффициента провара удовлетворяют условиям, указанных в рекомендациях [21]. Полученные значения коэффициента находятся в диапазоне от 0,8 до 4,0. Данные предварительные расчеты говорят о том, что формирующиеся швы будут обладать низкой склонностью к образованию горячих трещин, а также ширина швов и глубина провара будут оптимальны при заданных параметрах режима сварки.

4.5 Определение скорости перемещения сварочной дуги

Скорость перемещения сварочной проволоки определяется по формуле:

$$v_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma_m \cdot F_n}, \quad (10)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/(А · ч);

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока;

$\gamma_{\text{м}}$ – плотность наплавленного металла. Для стали $\gamma_{\text{м}} = 7,8$ г/см³.

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход.

При сварке в среде углекислого газа величина коэффициента наплавки может существенно отличаться от величины коэффициента расплавления проволоки в связи с потерями электродного металла:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot (1 - \psi_{\text{п}}), \quad (11)$$

где $\psi_{\text{п}}$ – коэффициент потерь, в %.

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot j - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot j^2. \quad (12)$$

$$\psi_{\text{п.min}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 60 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot (60)^2 = 4,22 \text{ \%}.$$

$$\psi_{\text{п.max}} = -4,72 + 17,6 \cdot 10^{-2} \cdot 150 - 4,48 \cdot 10^{-4} \cdot (150)^2 = 11,60 \text{ \%}.$$

Величину коэффициента расплавления при сварке плавящимся электродом в среде защитных газов можно рассчитать по формуле:

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \frac{\sqrt{I_{\text{св}}}}{d_{\text{э}}^2}. \quad (13)$$

$$\alpha_{\text{р}} = 9,05 + 3,1 \cdot 10^{-3} \frac{\sqrt{188}}{2^2} = 9,05 \text{ г/(А · ч)}.$$

Производится расчет коэффициента наплавки в допустимом диапазоне плотностей тока:

$$\alpha_{\text{н.min}} = 9,05 \text{ г/(А · ч)} \cdot (1 - 0,042) = 8,66 \text{ г/(А · ч)},$$

$$\alpha_{\text{н.max}} = 9,05 \text{ г/(А · ч)} \cdot (1 - 0,116) = 8,00 \text{ г/(А · ч)},$$

$$\alpha_{\text{н.ср}} = 9,05 \text{ г/(А · ч)} \cdot (1 - 0,088) = 8,20 \text{ г/(А · ч)}.$$

Диапазон скорости перемещения сварочной дуги определяются для отдельно взятых размеров катета швов:

$$v_{\text{св.min1}} = \frac{8,66 \cdot 188}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,08} = 0,72 \text{ см/с},$$

$$v_{св.маx1} = \frac{8 \cdot 471}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,08} = 1,67 \text{ см / с},$$

$$v_{св.миn2} = \frac{8,66 \cdot 188}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,32} = 0,18 \text{ см / с},$$

$$v_{св.маx2} = \frac{8 \cdot 471}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,32} = 0,41 \text{ см / с}.$$

4.6 Определение скорости подачи электродной проволоки

Требуемое значение скорости подачи сварочной проволоки $v_{п.п.}$ при заданной скорости сварки обеспечит заполнение зазора и разделки между деталями, а также образование валика шва. Скорость подачи проволоки определяется по формуле:

$$v_{n.n.} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma_m \cdot F_{эл}}, \quad (14)$$

где $F_{эл}$ – площадь поперечного сечения электрода, см².

γ – плотность электродного металла, проволоки, г/см³.

$$v_{n.n.} = \frac{9,05 \cdot 188}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 4,8 \text{ см / с},$$

$$v_{n.n.} = \frac{9,05 \cdot 471}{3600 \cdot 7,8 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4}} = 12,1 \text{ см / с}.$$

5 Расчет расхода основного и сварочных материалов

5.1 Расчет расхода основного материала

По чертежу общего вида отправочной марки стропильной фермы был проведен анализ и дальнейший расчет суммарной длины элементов конструкции фермы в единичном количестве. Найденные значения заносятся в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Суммарная длина и фактическая масса стержней фермы

Наименование элементов фермы	Номер профиля [4]	Погонная масса [4], кг/м	Суммарная длина элементов, м	Масса группы элементов фермы, кг
Верхний пояс	№180	52,03	24,560	1277,85
Нижний пояс	№150	42,61	22,740	968,95
Раскосы	№80	18,97	15,970	302,95
Стойки	№60	12,20	12,210	148,96
Итого: $m_{\phi} = 2698,70$ кг				

Как было отмечено ранее, количество ферм, необходимых для осуществления перекрытия проектируемого промышленного здания составляет 17 штук. Следовательно, на основе этих сведений, составляется таблица расхода основного материала конструкции фермы (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Суммарная длина и фактическая масса проката, затрачиваемого на перекрытие промышленного здания

Верхний пояс	№180	52,03	417,520	21723,56
Нижний пояс	№150	42,61	386,580	16472,95
Раскосы	№80	18,97	271,490	5150,16
Стойки	№60	12,20	207,570	2532,35
Итого: $m_{\phi} = 45879$ кг				

5.2 Расчет расхода сварочной проволоки

Расход сварочной проволоки в процессе сварки зависит от коэффициента потерь, а также от количества наплавленного металла:

$$G_3 = G_H \cdot (1 + \Psi_{\Pi}), \quad (15)$$

где G_H – масса наплавленного металла, г.

ψ_{Π} – коэффициент потерь электродного металла, в %.

Масса наплавленного металла определяется по формуле:

$$G_H = F_H \cdot l_{\text{ш}} \cdot \gamma_H, \quad (16)$$

где F_H – площадь наплавки, мм²;

$l_{\text{ш}}$ – длина шва, мм;

γ_H – плотность наплавленного металла, г/см³.

На рисунке 5.1 представлено типовое расположение сварных швов, соединяющих заглушку и торец трубы.

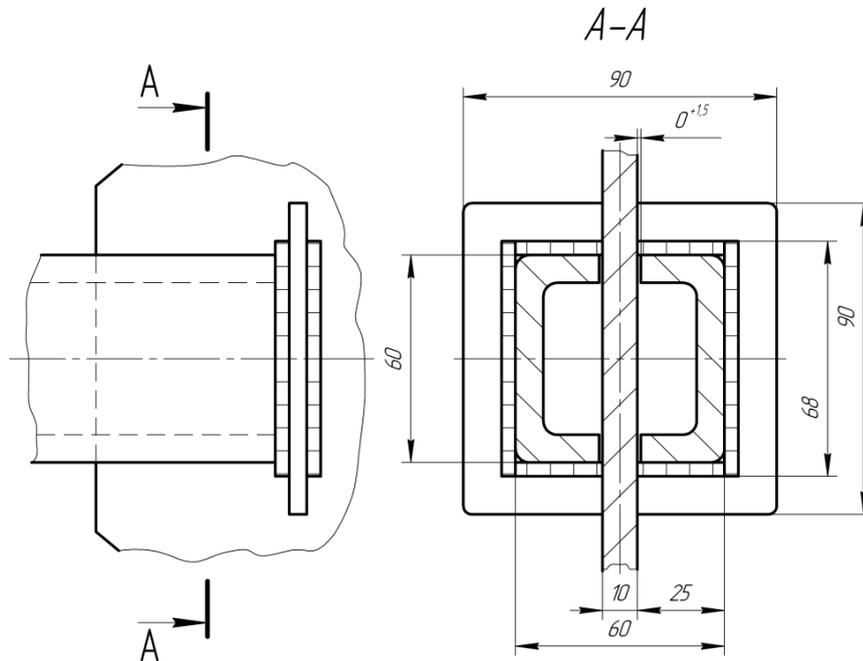


Рисунок 5.1 – Длина швов, соединяющих заглушку с торцом стойки

В данном случае общую длину сварных швов можно выразить как сумму длин двух типов швов, с катетами 4 мм и 8 мм:

$$l_{\text{ш}} = l_{\text{ш1}} + l_{\text{ш2}}, \quad (17)$$

где $l_{\text{ш1}}$ – общая длина сварных швов с катетом 4 мм;

$l_{\text{ш2}}$ – общая длина сварных швов с катетом 8 мм.

Общую длину сварных швов в узлах фермы с катетом 4 мм можно определить по формуле:

$$l_{\text{ш1}} = l_{\text{ш1.1}} + l_{\text{ш1.2}} + l_{\text{ш1.3}} + l_{\text{ш1.4}}, \quad (18)$$

где $l_{ш1.1}$ – длина сварных швов, соединяющих торцы стержней верхнего пояса с заглушками;

$l_{ш1.2}$ – длина сварных швов, соединяющих торцы стержней нижнего пояса с заглушками;

$l_{ш1.3}$ – длина сварных швов, соединяющих торцы раскосов с заглушками;

$l_{ш1.4}$ – длина сварных швов, соединяющих торцы стоек с заглушками.

$$l_{ш1.1} = 2864 \text{ мм.}$$

$$l_{ш1.2} = 5140 \text{ мм.}$$

$$l_{ш1.3} = 5904 \text{ мм.}$$

$$l_{ш1.4} = 5952 \text{ мм.}$$

$$l_{ш1} = 2864 \text{ мм} + 5140 \text{ мм} + 5904 \text{ мм} + 5952 \text{ мм} = 19860 \text{ мм.}$$

Существует особенность, которую необходимо учесть, при создании сварных швов, соединяющих трубы с фасонками. Во избежание образования влаги, окислений и коррозии на поверхности внутренней стенки трубы, требуется обеспечить герметизацию ее полости. Этого можно достичь путем заплавления всех зазоров в местах сопряжения фасонки и трубы, образованных с целью получения сквозного отверстия в трубе, ширина и длина которого соответствует толщине и ширине фасонки.

Согласно чертежу общего вида отправочной марки фермы, значения длин сварных швов с катетом 8 мм в каждом узле фермы равны:

$$l_{ш2.1} = 9990 \text{ мм} + 120 \text{ мм} - \text{длина швов в опорных узлах фермы};$$

$$l_{ш2.2} = 3200 \text{ мм} + 120 \text{ мм} - \text{длина швов в узлах №2 и №2'};$$

$$l_{ш2.3} = 3947 \text{ мм} + 160 \text{ мм} - \text{длина швов в узлах №3 и №3'};$$

$$l_{ш2.4} = 9206 \text{ мм} + 160 \text{ мм} - \text{длина швов в узлах №4 и №4'};$$

$$l_{ш2.5} = 3437 \text{ мм} + 160 \text{ мм} - \text{длина швов в узлах №5 и №5'};$$

$$l_{ш2.6} = 5620 \text{ мм} + 160 \text{ мм} - \text{длина швов в узлах №6 и №6'};$$

$$l_{ш2.7} = 3805 \text{ мм} + 160 \text{ мм} - \text{длина швов в узлах №7 и №7'};$$

$$l_{ш2.8} = 4000 \text{ мм} + 100 \text{ мм} - \text{длина швов в узле №8};$$

$$l_{ш2.9} = 1440 \text{ мм} + 80 \text{ мм} - \text{длина швов в узле №9}.$$

$$l_{ш2} = 45865 \text{ мм}.$$

Следовательно, общая длина сварных швов фермы равна:

$$l_{ш} = l_{ш1} + l_{ш2} = 19860 \text{ мм} + 45865 \text{ мм} = 65725 \text{ мм}.$$

Имея в наличии сведения об общей длине сварных швов, производится расчет расхода сварочной проволоки, затрачиваемого на изготовление фермы:

$$G_{н1} = 8 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2 \cdot 1986 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 = 1239,20 \text{ г}.$$

$$G_{н1} = 32 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2 \cdot 4586,5 \text{ см} \cdot 7,8 \text{ г/см}^3 = 11447,90 \text{ г}$$

$$G_{э} = (1239,20 \text{ г} + 11447,9 \text{ г}) \cdot (1 + 0,088) = 13800,00 \text{ г}.$$

Принимая в расчет тот факт, что стандартная бухта сварочной проволоки содержит от 15 до 18 кг материала, можно сделать вывод о том, что на перекрытие промышленного здания будет затрачено 17 бухт сварочной проволоки, или примерно 255 кг сварочного материала.

6 Технология сборки и сварки конструкции

Технология сборки и сварки металлоконструкции регулируется документами РД 34.15.132-96 «Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов» [8], а также СП 53-101-98 «Изготовление и контроль качества стальных строительных конструкций» [10].

Сварку угловых швов в нижнем положении можно выполнять двумя способами: при повороте изделия на 45° и наклонным электродом. Сварка «в лодочку» более предпочтительна, так как при сварке наклонным электродом ввиду отекания расплавленного металла трудно предупредить подрез по вертикальной плоскости и обеспечить провар по нижней плоскости. Такой способ сварки (наклон заготовки под углом 45°) предоставляет возможность полностью проплавить сечение без образования прожогов. Данный способ применим для получения длинных продольных (относительно изделия) сварных швов, к примеру, швов, соединяющих полку и стенку двутавровой балки. В контексте создания рассматриваемой в настоящей работе металлоконструкции, данный способ не является возможным по причине больших габаритных размеров, в частности высоты фермы. Следовательно, в качестве применимой техники сварки, следует рассмотреть вариант, при котором свариваемые заготовки размещаются на горизонтальной плоскости специального приспособления, содержащей способы фиксации заготовок.

Основными конструктивными задачами при сборке и сварке конструкции, рассматриваемой в данной работе, являются необходимость в получении угловых сварных соединений с возможностью ведения электрода в процессе сварки под углом 45° к стенке заготовки.

Как можно заметить на рисунке 6.1, требуемый угол расположения электрода обозначен прямой А. Но так как в требуемом месте расположения электрода находится часть конструкции (на рисунке прямая А пересекает металлическую пластину), конструктивный угол ведения электрода уменьшится и составит примерно от 15 до 25 ± 3 градуса.

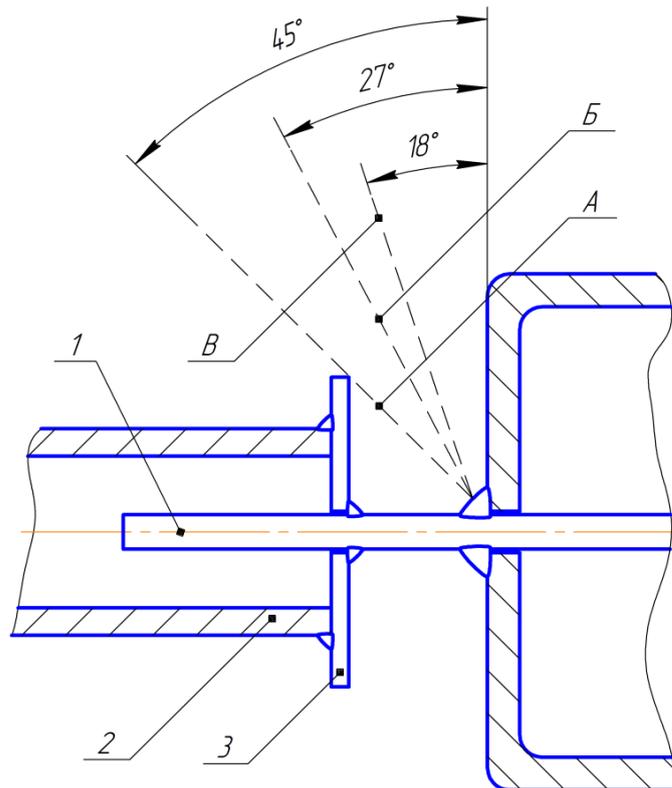


Рисунок 6.1 – Конструктивные углы ведения электрода

Очевидно, это приведет к неравномерному проплавлению свариваемых стенок, остаточным деформациям и в общем случае это будет являться несоблюдением технологии сварки. Следовательно, получение указанного сварного шва, и ему подобных типовых ответственных швов необходимо осуществить в первую очередь, до присоединения заглушки к торцу трубы.

6.1 Определение последовательности наложения сварных швов.

Последовательность выполнения сварных швов должна быть такой, чтобы обеспечивались минимальные деформации конструкции и предотвращались появления трещин в сварных соединениях.

Последовательность наложения сварных швов узла фермы отображена на рисунке 6.2.

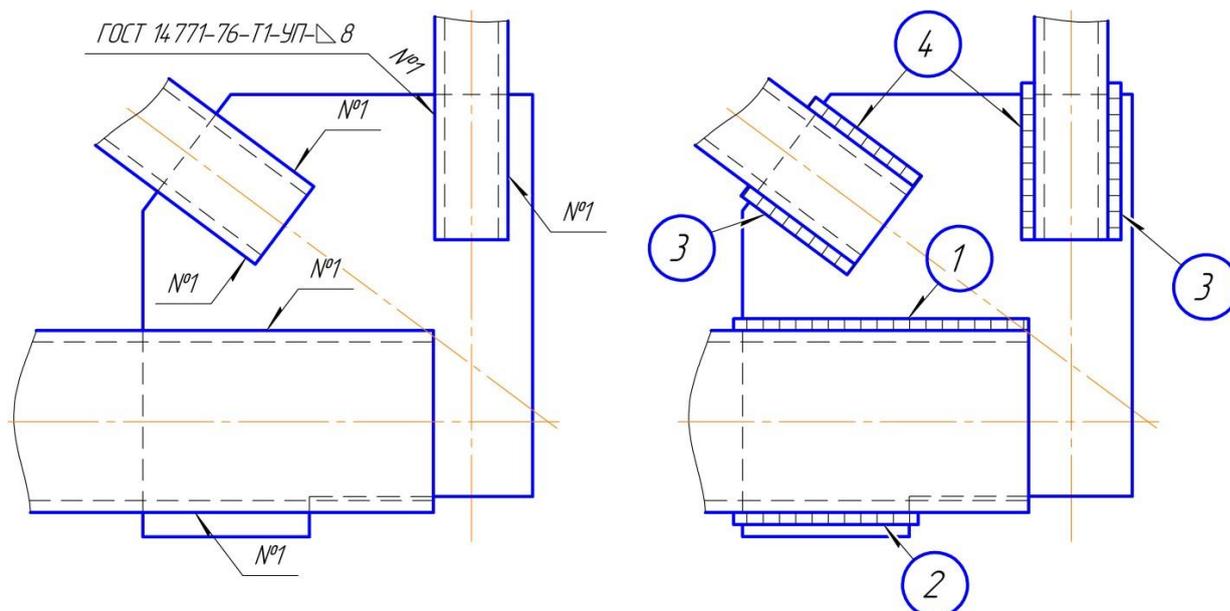


Рисунок 6.2 – Последовательность наложения сварных швов узла нижнего пояса фермы

Сначала приваривается нижний пояс фермы к пластине швами 1 и затем 2. Далее обвариваются элементы решетки с наружной стороны их взаиморасположения швами 3. Наложение швов 4 завершает операцию по сварке узла. Наложение сварных швов 3 и 4 рекомендуется выполнять двумя сварщиками одновременно. Швы длиной более 1000 мм, выполняемые механизированной сваркой, следует сваривать обратноступенчатым способом. При этом необходимо смещать замки шва на расстояние не менее 20 мм. Сварку рекомендуется выполнять «углом назад».

На рисунке 6.3 приводится пример последовательности наложения швов узла верхнего пояса фермы. Согласно рисунку 14 последовательность наложения сварных швов верхнего пояса аналогична как для узлов нижнего пояса.

Сваривание узлов фермы осуществляется одновременно четырьмя сварщиками в следующей последовательности (рисунок 6.3) – 1→(4→5)→(6→7)→(2→3)→(8→9).

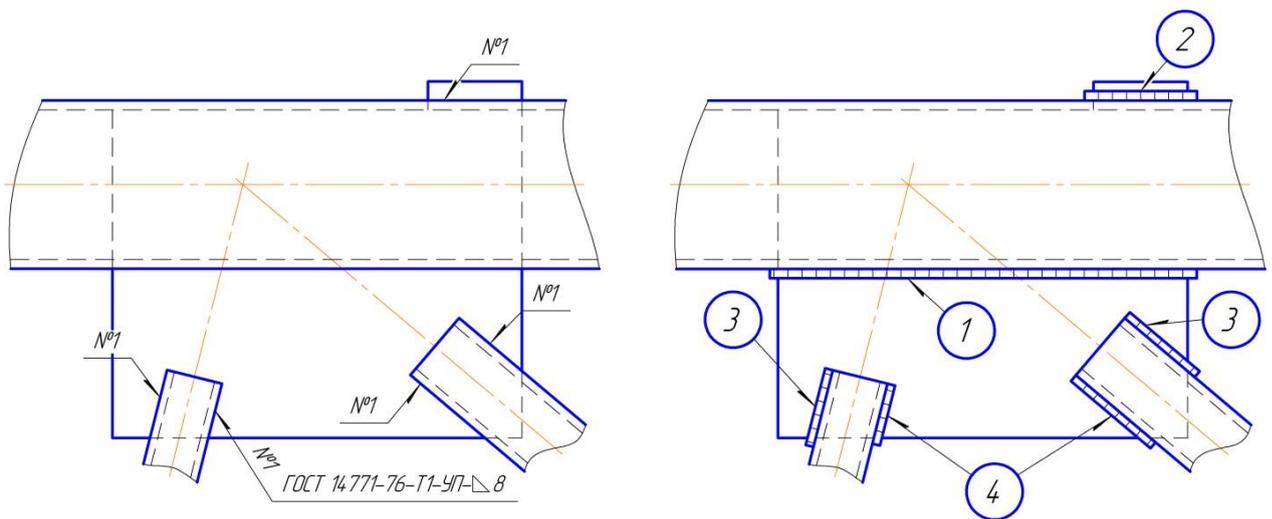


Рисунок 6.3 – Последовательность наложения сварных швов узла верхнего пояса фермы

Для того чтобы в процессе сварки установленные зазоры и положение деталей не изменялись, перед сваркой делают предварительную прихватку деталей (рисунок 6.4). Катет шва прихваток под автоматическую и механизированную сварку должен быть 3-5 мм и при наложении основного шва прихватка должна быть переплавлена. Более подробная технология нанесения прихваток в узлах фермы приводится в КТД.

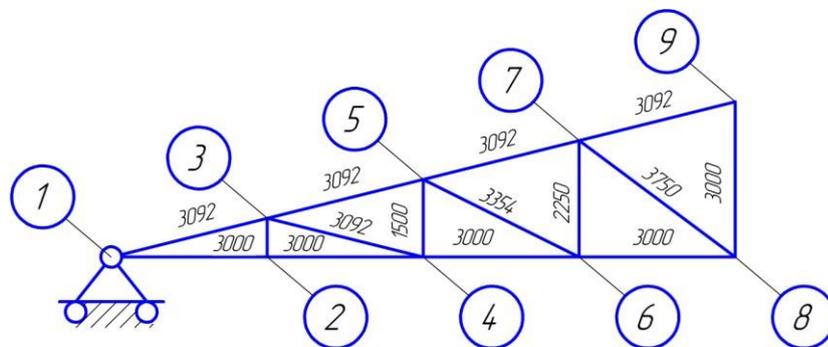


Рисунок 6.4 – Узлы отправочной марки фермы

6.2 Подготовка свариваемых кромок. Зачистка и обезжиривание

Перед проведением сварочных операций свариваемые кромки заготовок, которые подлежат сборке и сварке, необходимо зачистить от загрязнений и включений до появления характерного металлического блеска на расстояние не менее 20 мм (рисунок 6.5).

Для того чтобы провести обезжиривание свариваемых зачищенных кромок используется горячий щелочной состав, который наносится на поверхность металла различными способами.

Остатки щелочного раствора необходимо удалять с поверхности при помощи хлопчатобумажной ткани, которая не оставляет ворса. Этой же тканью необходимо насухо протереть металл целях удаления влаги с его поверхности.

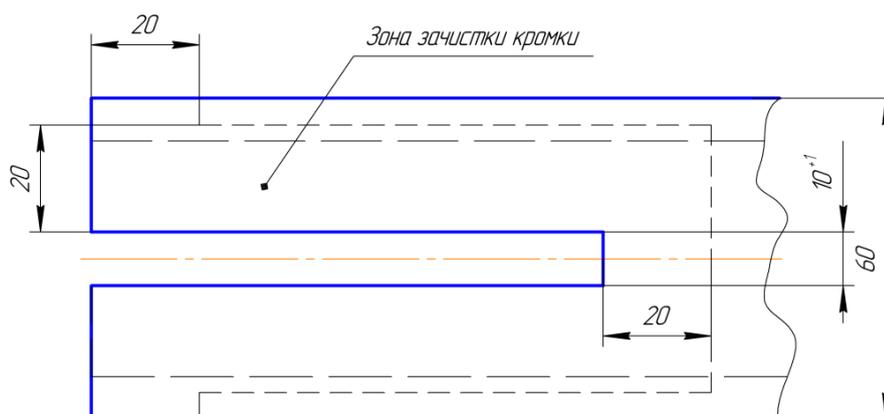


Рисунок 6.5 – Зона зачистки кромки

6.3 Подготовка сварочных материалов

Помещения склада, в которых хранится электродная проволока, обязательно должны быть сухими, имеющими отопление в холодное время года. В них должны поддерживаться следующие условия:

температура воздуха должна быть более или равна 14-ти градусам Цельсия $T \geq 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

постоянная относительная влажность воздуха должна составлять от 50 и более процентов $\varphi \leq 50 \%$.

Согласно [8] сварочная проволока сплошного сечения должна храниться в условиях, исключающих ее загрязнение или коррозию. Перед употреблением проволока должна быть проконтролирована путем внешнего осмотра на предмет определения чистоты поверхности.

Разрешается также очищать проволоку наждачной шкуркой или любыми другими способами до металлического блеска. При очистке проволоки нельзя допускать ее резких перегибов (переломов), что может нарушить нормальный процесс подачи проволоки в зону сварки.

6.4 Методы по снижению сварочных деформаций

Весь комплекс мероприятий по борьбе с деформациями и напряжениями можно разделить на три группы: мероприятия, которые реализуются до сварки; мероприятия в процессе сварки; мероприятия, проводимые после сварки. Меры борьбы с деформациями, применяемые до сварки, реализуются на стадии разработки проекта сварной конструкции и должны отвечать следующим требованиям:

1. Сварная конструкция должна иметь минимальный объем наплавленного металла. Катеты не должны превышать расчетные значения. Количество и протяженность швов должны быть минимально допустимыми.

2. Сварные швы должны быть по возможности симметрично расположены на сварной конструкции. Не рекомендуется располагать швы вблизи друг друга, иметь большое количество пересекающихся швов, без необходимости применять несимметричную разделку кромок.

Мероприятия, применяющиеся в процессе сварки, должны отвечать следующим требованиям:

1. Рациональная последовательность наложения сварных швов на конструкции и по длине. Это позволит уменьшить изгиб за счет более полной компенсации деформаций от одного шва деформациями от другого.

2. Сварку целесообразно вести в специальных приспособлениях, обеспечивающих жесткое закрепление свариваемых деталей. Это предотвращает или значительно снижает деформации изгиба и угловые деформации.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью выполнения данного раздела является расчет экономической целесообразности проектируемого технологического процесса изготовления сварной стропильной фермы.

Проектирование и изготовление требует привлечения финансовых затрат и трудовых ресурсов, которые должны быть экономически оправданы. Это значит, что внедрение технологического приспособления и оборудования на предприятии должно оправдывать затраты.

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач:

1. Расчет себестоимости изготовления конструкции сварной стропильной фермы
2. Анализ потенциальных рисков, связанных с появлением конкурентоспособных технологий, и разработка мер по управлению ими.

7.1 Расчет себестоимости продукции

В себестоимость изготовления металлоконструкции входят:

- материальные затраты;
- затраты на электроэнергию;
- расходы на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- накладные расходы.

7.1.1 Материальные затраты

Материальные затраты на изготовление сварной конструкции включают в себя:

- затраты на основной конструкционный материал;
- затраты на основной сварочный материал;
- затраты на вспомогательный материал.

7.1.2 Затраты на основной конструкционный материал

В качестве основного конструкционного материала применяется прокат:
Труба профильная квадратная сталь Ст3сп ГОСТ 8639-82 (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Характеристики трубного проката

№ Профиля	Погонная масса, кг/м	Площадь сечения F, см ²	Суммарная длина элементов фермы, м	Масса группы элементов фермы, кг	Стоимость 1 м проката, руб
№180	52,03	66,28	25,00	1277,85	3450
№150	42,61	54,28	23,00	968,95	2774
№80	18,97	24,17	16,00	302,95	1184
№60	12,20	15,54	12,30	148,96	833

Лист горячекатаный сталь Ст3сп ГОСТ 19903-2015 (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Характеристики листового проката

Прокат	Масса 1м ² , кг	Масса листа, кг	Количество листов, шт	Масса листов, кг
6000x1500x10	78,7	708,3	1	708,3
6000x1500x5	39,61	354,15	1	354,15

Стоимость проката приведена в таблице 7.3

Таблица 7.3 – Прейскурант за 1 кг листового проката [37]

№ Листа	№10	№5
Стоимость, руб	69	69

Расчёт программы выпуска с учетом запасных частей производится по формуле:

$$Q = Q_1 \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right),$$

где Q_1 – годовая программа запуска изделий, шт;

β – необходимое количество запасных частей;

$$Q = 164 \cdot (1 + 100) = 200 \text{ шт/год.}$$

Потребность в основных материалах на годовую программу рассчитывается по формуле:

$$C_{M.i.} = \sum_{i=1}^n (l_{zi} \cdot C_{zi} \cdot N - l_{omxi} \cdot C_{omxi}) \cdot K, \quad (32)$$

где $C_{M.i}$ – стоимость материала i -го проката;

l_{zi} – длина i -го трубного профиля, м;

C_z – цена погонного метра i -го трубного профиля, руб/м;

N – количество заготовок, шт;

$l_{отх}$ – длина отходов, м;

$C_{отх}$ – цена отходов, руб/кг;

K – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

$$C_{M.тр.} = ((25,00 \cdot 3450 \cdot 1 - 0,4 \cdot 3450) + (23,00 \cdot 2774 \cdot 1 - 0,26 \cdot 2774) + (16,00 \cdot 1184 \cdot 1) + (12,30 \cdot 833 \cdot 1)) \cdot 1,20 = 213 \text{ тыс. руб/шт.}$$

$$C_{M.л.} = ((708,3 \cdot 69 \cdot 1 - 72,78 \cdot 69) + (354,15 \cdot 69 \cdot 1 - 18,73 \cdot 69)) \cdot 1,20 = 81 \text{ тыс. руб/шт.}$$

$$C_{к.м.} = C_{M.тр.} + C_{M.л.} = 294 \text{ тыс. руб/шт.}$$

7.1.3 Затраты на основной сварочный материал

Стоимость основного сварочного материала определяется по формуле:

$$C_{п.с.} = G_H \cdot K_p \cdot C_{п.с} \quad (33)$$

где G_H – масса наплавленного металла, кг;

K_p – коэффициент расхода сварочной проволоки;

$C_{п.с.}$ – стоимость сварочного материала [38], руб/кг.

Масса наплавленного металла была рассчитана ранее по формуле 23 [Раздел 5, Пункт 5.2]. Согласно расчетам, на изготовление стропильной фермы расходуется 12,7 кг наплавочной проволоки.

$$C_{п.с.} = 12,7 \cdot 1,088 \cdot 106 = 1500 \text{ руб/шт.}$$

7.1.4 Затраты на вспомогательный материал

Стоимость вспомогательного сварочного материала определяется по формуле:

$$C_{з.г.} = Q_{з.г.} \cdot \Pi_{з.г.} \cdot t_0, \quad (34)$$

где $Q_{з.г.}$ – удельный расход защитного газа, л/мин;

$\Pi_{з.г.}$ – стоимость защитного газа [39], руб/л.

t_0 – основное время сварки в защитном газе, мин.

$$C_{з.г.} = 15 \cdot 0,04 \cdot 2825 = 1700 \text{ руб/шт.}$$

7.1.5 Затраты на технологическую электроэнергию

Затраты на технологическую электроэнергию для сварочного процесса определяются по формуле:

$$Z_{втэ} = \left[\frac{U_{ci} \cdot I_{ci} \cdot t_{ci} \cdot l_{ci}}{\eta_u \cdot 1000} + P_x \cdot (T_0 / K_u - T_0) \right] \cdot \Pi_э, \quad (35)$$

где U_{ci} и I_{ci} – электрические параметры сварки;

T_0 – основное время сварочной операции;

η_u – КПД сварочного оборудования, $\eta_u = 0,96\%$;

P_x – мощность холостого хода источника, $P_x = 0,4$ Вт.

l_{ci} – длина сварного шва, м/изделие,

$$l_{ш1} = 19,86 \text{ м}, l_{ш2} = 45,86 \text{ м};$$

K_u – коэффициент, учитывающий простой оборудования,

$$K_u = 0,5.$$

t_{ci} – время горения дуги;

$\Pi_э$ – средняя стоимость 1квт/ч электроэнергии на предприятии.

Определение основного времени на сварку ведется по следующей формуле:

$$t_c = \sum \frac{60}{v_{ca}}, \quad (36)$$

где v_{CB} – скорость перемещения сварочной горелки вдоль сварного шва, см/с;

Для таврового соединения с длиной угловых $l_{ш1} = 19,86$ м и катетом 4 мм расчетная скорость сварки составляет $v_{cp1} = 1,20$ см/с = 43,2 м/ч. Для таврового соединения с длиной угловых швов $l_{ш2} = 45,86$ м с катетом 8мм расчетная скорость сварки составляет $v_{cp2} = 0,30$ см/с = 10,8 м/ч соответственно.

Следовательно, итоговые затраты на технологическую электроэнергию будут складываться из затрат электроэнергии на проведение двух различных процессов сварки, отличающихся основным времени на сварку и протяженностью свариваемых швов.

$$Z_{втэ1} = \left[\frac{28,63 \cdot 329 \cdot 1,4 \cdot 19,86}{0,96 \cdot 1000} + 0,4 \cdot (2,04 / 0,5 - 2,04) \right] \cdot 3,42 = 980 \text{ руб / шт.},$$

$$Z_{втэ2} = \left[\frac{28,63 \cdot 329 \cdot 5,5 \cdot 45,86}{0,96 \cdot 1000} + 0,4 \cdot (2,04 / 0,5 - 2,04) \right] \cdot 3,42 = 8900 \text{ руб / шт.},$$

$$Z_{втэ.сумм.} = 9900 \text{ руб / шт.},$$

7.2 Расходы на оплату труда основных рабочих

7.2.1 Затраты на заработную плату определяются по формуле:

$$C_{з.п.} = Z_{полн} \cdot n_p, \quad (37)$$

где $Z_{полн}$ – заработная плата непосредственно участвующих в выполнении работ технологического процесса изготовления изделия (включая премии, доплаты);

n_p – количество рабочих, участвующих в технологическом процессе.

$$Z_{полн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (38)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата рабочих;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

$$Z_{осн} = Z_{тч} \cdot k_{пр} \cdot k_d \cdot t, \quad (39)$$

где $Z_{тч}$ – часовая тарифная ставка, руб/ч.

$k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий процент премии, $k_{\text{пр}} = 0,3$;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, $k_{\text{д}} = 0,2 \cdot Z_{\text{тч}}$;

t – месячный фонд рабочего времени, ч/месяц.

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot Z_{\text{осн}}. \quad (40)$$

$$Z_{\text{осн}} = 60 \cdot 0,3 \cdot 0,2 \cdot 60 \cdot 160 = 34,6 \text{ тыс. руб/месяц.}$$

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + 0,12 \cdot Z_{\text{осн}} = 30,7 + 0,12 \cdot 30,7 = 38,8 \text{ тыс. руб/месяц.}$$

$$C_{\text{з.п.}} = 34,4 \cdot 4 = 155 \text{ тыс. руб/месяц.}$$

7.2.2 Определение страховых взносов

Размер страховых взносов определяется по формуле:

$$C_{\text{с.о.}} = Z_{\text{полн.}} \cdot k_{\text{с.в.}}, \quad (41)$$

где $k_{\text{с.в.}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

Затраты на страховые взносы основных производственных рабочих по технологическому процессу:

$$C_{\text{с.о.}} = 155 \cdot 0,315 = 48,8 \text{ тыс. руб/месяц.}$$

7.2.3 Накладные расходы

Накладные расходы определяются по формуле:

$$H_{\text{р}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{о.х.}}, \quad (42)$$

где $C_{\text{пр}}$ – общепроизводственные расходы;

$C_{\text{о.х.}}$ – общехозяйственные расходы.

$$C_{\text{пр}} = Z_{\text{осн}} \cdot 0,5. \quad C_{\text{о.х.}} = Z_{\text{осн}} \cdot 0,7.$$

$$H_{\text{р}} = Z_{\text{осн}} \cdot 1,5 = 155 \cdot 1,2 = 186 \text{ тыс. руб/месяц.}$$

Расчеты сметы себестоимости представлены в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Расчет бюджета затрат на изготовление сварной стропильной фермы по разработанной технологии

Наименование статьи расходов	Сумма, тыс.руб	Примечания
1. Затраты на материалы	591,2	Пункт 10.2.1
2. Затраты на электроэнергию	9,9	Пункт 10.2.2
3. Расходы на оплату труда основных рабочих	155	Пункт 10.2.3
4. Отчисления в страховые фонды	48,8	31,4% от ст. 3
5. Накладные расходы	186	Пункт 10.2.5
Итого	990,9	100%

7.3 Определение цены продукта и прибыли от реализации

Расчет прибыли осуществляется по формуле:

$$П = \frac{P}{100} \cdot C, \quad (45)$$

где C – себестоимость, тыс.руб/шт;

P – рентабельность предприятия. $P = 347$ тыс. руб/шт.

Годовая прибыль соответственно будет составлять:

$$П_{г} = П \cdot Q_{\text{вып.}} \quad (46)$$

$$П_{г} = 347 \cdot 200 = 69,4 \text{ млн. руб/год.}$$

Оптовая цена готового изделия от предприятия включает полную себестоимость и прибыль:

$$Ц_{\text{опт.}} = C + П. \quad (47)$$

$$Ц_{\text{опт.}} = 990,9 + 347 = 1337,9 \text{ тыс. руб/шт.}$$

7.4 Анализ потенциальных рисков

На пути реализации проекта могут возникнуть разного рода риски, представляющие опасность того, что поставленные цели проекта могут быть не достигнуты полностью или частично. Полностью избежать риска практически невозможно, но снизить их угрозу руководитель способен,

уменьшая действие неблагоприятных факторов. Необходимо в этом разделе составить перечень простых рисков, а также мероприятия по их снижению.

На данный момент единой классификации проектных рисков предприятия не существует. Однако можно выделить следующие основные риски, присущие практически всем проектам:

- маркетинговый риск;
- риск несоблюдения графика проекта;
- риск превышения бюджета проекта, а также б;
- общеэкономические риски;

Результатом качественного анализа рисков является описание неопределенностей, присущих проекту, причин, которые их вызывают, и, как результат, рисков проекта (таблица 7.5).

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы был определен расчет экономической целесообразности проектируемого технологического процесса изготовления сварной стропильной фермы.

Кроме этого, была рассчитана калькуляция технологических процессов, которая включает материальные затраты, затраты по заработной плате исполнителей, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы. Выведен экономический эффект, проектируемого технологического процесса.

Таблица 7.5 – Виды рисков и меры по ограничению их последствий

Виды рисков	Меры по ограничению последствий рисков
<ul style="list-style-type: none"> – Появление альтернативного продукта; – Снижение платежеспособности потребителей; – Изменения законодательства; – Непредвиденные обстоятельства (аварии, стихийные бедствия, политическая нестабильность); – Рост цен на ресурсы; – Небрежность и недобросовестность работников; 	<ul style="list-style-type: none"> – Изучение изменений в российском законодательстве; – Расширение состава поставщиков; – Создание резерва для покрытия непредвиденных расходов; – Систематическое изучение конъюнктуры рынка; – Обучение персонала работе на новом технологическом оборудовании; – Определение мер воздействия к неисполнительным работникам;

8 Социальная ответственность

Объектом настоящей выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки отправочной марки стропильной фермы. Рассматриваемая металлоконструкция представляет собой прямоугольный треугольник с катетами 12 и 3,2 м.

Поскольку в настоящей работе рассматривается промышленное производственное здание, то условиями эксплуатации конструкции будет являться окружающая среда внутреннего помещения этого здания. Следовательно, стальную конструкцию можно классифицировать как воспринимающую постоянные и временные нагрузки и воздействия, эксплуатируемую в неагрессивной среде отапливаемого помещения.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном разделе рассматривается вопрос охраны труда инженера сварочного производства на стадии создания им металлоконструкции фермы. Рабочим местом работника на сварочном участке является специальное приспособление, которое представляет собой сварочный стол, площадь которого составляет 54,4 м². Рабочие места для дуговой сварки должны защищаться стационарными или переносными светонепроницаемыми ограждениями из несгорающих материалов, высота которых должна быть не менее 2,5 м.

Ширина проходов по периметру сварочного стола должна быть не менее 1 м.

Полы для производственных помещений для выполнения дуговой сварки должны быть изготовлены из несгорающих материалов с малым

коэффициентом теплопроводности. Пол должен иметь ровную не скользкую и не токопроводящую поверхность.

8.2 Производственная безопасность

Рассматриваемая в настоящей выпускной квалификационной работе металлоконструкция выступает в качестве готового изделия, к которой предварительно применимы заготовительные, сборочные и сварочные операции, подразумевающие использование различного рода машины и механизмы, электроинструменты и электрооборудование. Следовательно, необходимо и целесообразно рассмотреть, и проанализировать опасные и вредные факторы, которые могут возникнуть при проведении необходимых производственных операций по созданию металлоконструкции, в целях определения методов минимизации этих факторов и защиты от них.

8.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, возникающих при проведении электросварочных работ на производстве

Приведём опасные и вредные факторы при выполнении работ в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по сборке и сварке конструкции стропильной фермы

Источник опасного фактора/ наименование операции	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Заготовительные операции/ резка/очистка поверхности металла от загрязнений и включений;	1. Повышенный уровень шума и вибраций 2. Загрязнение воздуха металлической пылью	1. Поражение электрическим током 2. Физическое ранение быстродвижущейся острой кромкой отрезного диска	СП 2.2.2.1327 – 03 [27]. ГОСТ Р 12.1.019-2009 [28]. ГОСТ 12.4.021-75 [29].

Продолжение Таблицы 8.1

Источник опасного фактора/ наименование операции	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
2. Сборочные/ сварочные операции.	1. Загрязнение возду ха рабочей зо ны металлической аэрозолью 2. Повышенное содержание ультрафиолетового излучения в рабочей зоне 3. Повышенная физическая нагрузка 4. Неудовлетворительный уровень освещеннос ти рабочего участка	1. Поражение электрическим током 2. Термическая опасность 3. Физическое ранение быстродвижущейся острой кромкой отрезного диска	СП 2.2.2.1327 – 03 [27]. ГОСТ Р 12.1.019-2009 [28]. ГОСТ 12.4.021-75 [29].

8.2.2 Разработка и анализ мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

Как было отмечено ранее, существует необходимость в более подробном рассмотрении перечня опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть при проведении требуемых производственных операций по созданию металлоконструкции. Детальный анализ с применением технической документации поможет разработать план действий и мероприятий по снижению вредоносного воздействия факторов производства. Это создаст благоприятную рабочую среду, которая снизит уровень утомляемости работников и увеличит показатель производительности труда.

8.2.2.1 Производственный шум рабочего участка

Основными источниками шума при проведении заготовительных и сборочно-сварочных операций по созданию металлоконструкции стропильной фермы являются станки для резки металла, подвижные передвигающиеся части машин и механизмов, сварочная дуга и шум, издаваемый источником питания сварочной дуги.

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может вредно влиять на органы человека. Шумовое воздействие ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума на человека приводит его в состояние утомления, следовательно, при прочих равных условиях существует необходимость в обеспечении работника требуемыми средствами защиты от шумового воздействия, как индивидуальными, так и общетехническими конструктивными методами, и средствами объемно-пространственной шумоизоляции.

Допустимая норма уровня шума регламентируется согласно следующему документу – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Максимальный уровень шума, величина которого колеблется во времени и прерывается, не должна превышать 50-55 дБА.

Максимальный уровень для импульсного шума не должен превышать 125 дБА. Максимальный уровень шума на рабочем месте сварщика не должен превышать 80 дБА.

Для снижения шума в производственных помещениях применяют различные методы коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 [30]. Этими мерами являются:

- уменьшение уровня шума в источнике его возникновения;
- рациональное размещение оборудования;
- борьба с шумом на путях его распространения, в том числе изменение направленности излучения шума;

- использование средств звукоизоляции и звукопоглощения;
- установка глушителей шума;
- акустическая обработка поверхностей помещения.

Для защиты от шума также широко применяются различные средства индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.275-214 [31].

Согласно [32] уровень шума на рабочем сборочно-сварочном участке цеха составляет не более 80 дБА и соответствует нормам.

8.2.2.2 Воздушная среда и микроклимат. Вентиляция на рабочем месте

При полуавтоматической сварке количество газов и пыли значительно меньше, чем при ручной дуговой, но все же в процессе сварки в воздух рабочей среды выделяется сварочная пыль. Сварочная пыль представляет собой аэрозоль – взвесь частиц оксидов металлов и минералов в газовой среде. Основными составляющими аэрозоля являются оксиды железа (до 70%), марганца, кремния, хрома, фтористые и другие соединения. Наиболее вредны соединения хрома, марганца и фтора. На рабочем месте допускаются следующие: предельные концентрации веществ в воздухе (в мг/м³): марганец и его соединения – 0,30; хром и его соединения – 0,10; свинец и его соединения – 0,01; цинковые соединения – 5,00; оксид углерода-20,00; фтористый водород – 0,50; оксид азота – 5,00.

Концентрация нетоксичной пыли более 10 мг/м³ не допускается. Однако если содержание кварца в пыли превышает 10%, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2 мг/м³.

Нормирование параметров микроклимата заключается в установлении их оптимальных и допустимых величин в отношении конкретных производственных условий. Оно проводится с учетом следующих характеристик: степени тяжести выполняемой работы; времени года; количества избыточного тепла, поступающего в рабочую зону от

оборудования (СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [33]).

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в рабочей зоне производственных помещений в теплый и холодный периоды приведены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Оптимальные и допустимые микроклиматические условия в рабочей зоне для помещений (согласно СанПиН 2.2.4.548-96)

	Время года	Категория тяжести работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальные параметры	Холодная	Тяжелая - III	16-18	40-60	0,3
	Теплая		18-20	40-60	0,4
Допустимые параметры	Холодная	Тяжелая - III	13-19	75	0,5
	Теплая		15-26	75	0,6-0,5

Эффективным средством нормализации воздуха в производственных помещениях является вентиляция, которая представляет собой комплекс средств, обеспечивающих воздухообмен, то есть удаление загрязненного нагретого влажного воздуха и подача свежего, чистого воздуха, соответствующее нормативным нормам.

Согласно [32] показатели концентрации токсичных веществ и микроклиматические условия на рабочем месте сборочно-сварочного участка цеха не превышает допустимые значения и соответствует нормам.

8.2.2.3 Поражение электрическим током и УФ излучением

При исправном состоянии оборудования и правильном выполнении сварочных операций возможность поражения электрическим током

исключается. Но все же, оно возможно и происходит при прикосновении к токоведущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры.

Напряжение холостого хода, выбранного в ходе работы источника питания сварочной дуги, достигает 67 Вольт. Следует учесть тот факт, что данное напряжение весьма опасно для человеческого организма. Токи более 0,05 А могут вызвать тяжелые последствия и даже смерть.

Поражение электрическим током возникает при замыкании электрической цепи сварочного аппарата через тело человека. Причинами являются: недостаточная электрическая изоляция аппаратов и питающих проводов, плохое состояние спецодежды и обуви сварщика, сырость и теснота помещений, и другие факторы.

Следовательно, во избежание поражения электрическим током во время проведения электросварочных работ необходимо соблюдать следующие условия:

корпуса источников питания дуги, сварочного вспомогательного оборудования и свариваемые заготовки должны быть надежно заземлены. Заземление осуществляется медным проводом, один конец которого закрепляется к корпусу источника питания дуги к специальному болту с надписью «Земля», а второй конец присоединяется либо к общей заземляющей шине, либо к металлическому штырю, вбитому в землю;

заземление передвижных источников питания производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления – только после отключения от силовой сети;

для подключения источников сварочного тока к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами. Длина проводов сетевого питания не должна быть более 10 м. При необходимости нарастить провод применяют соединительную муфту с прочной изоляционной массой или провод с электроизоляционной оболочкой. Провод подвешивают на высоте 2,5...3,5 м.

– все сварочные провода должны иметь исправную изоляцию и соответствовать применяемым токам. Применение проводов с ветхой и растрепанной изоляцией категорически запрещается.

– электрододержатель должен быть снабжен полностью изолированной рукояткой. Место крепления сварочного провода к держателю также должно быть надежно изолировано;

– спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями. Резиновые подошвы ботинок и сапог должны быть приклеены путем горячей вулканизации или клеем;

– для персонала 1 группы допуска по электробезопасности, работодатель обязан, организовать инструктаж по электробезопасности на первую группу, с записью в специальном журнале регистрации инструктажей по электробезопасности для неэлектротехнического персонала на 1 группу (сварщик должен быть аттестован по электробезопасности).

Горение сварочной дуги, помимо инфракрасного излучения и видимого света, сопровождается ультрафиолетовым излучением. Яркость световых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому зрительная ответная реакция на дугу производит ослепляющее действие.

Ультрафиолетовые лучи при действии даже в течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электрофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью в глазах, слезотечением, спазмами век. Более продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами вызывает ожоги кожи. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту), а также ожоги кожи лица.

Во избежание последствий облучения ультрафиолетовым излучением кожи и сетчатки глаз необходимо соблюдать технику безопасности на рабочем месте. При проведении сварочных работ сварщик обязан быть обеспечен

средствами индивидуальной защиты, сварочной защитной маской и производственной сварочной защитной одеждой. В комплект защитной одежды входят костюм и рукавицы, изготовленные из брезентового материала.

8.2.2.4 Освещенность рабочего участка производства

По категорию зрительных работ полуавтоматическая сварка относится к восьмой категории – «общее наблюдение за прохождением процесса» (постоянный надзор). Согласно СНиП 23-05-95 [34] требования к освещению помещений промышленных предприятий приведены в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Требования к освещению помещения промышленных предприятий

Разряд зрительных работ	Общее наблюдение за прохождением процесса (постоянный надзор)			
Контраст объект с фоном	Независимое от характеристик фона и контрастности объекта			
характеристика фона				
	Освещенность, лк	При системе комбинированного освещения	Всего	-
			В т.ч. от общего	-
		При системе общего освещения		200
	Совокупность нормируемых величин показателя освещенности и коэффициента пульсации		Р	40
			Кп, %	20
Естественное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			3
	При боковом освещении			1
Совмещенное освещение	При верхнем или комбинированном освещении			1,8
	При боковом освещении			0,6

8.2.2.5 Правила безопасности при работе на механическом оборудовании и слесарном инструменте

В сборочно-сварочных цехах происходит обработка металла резанием, рубка на гильотинных ножницах. При выполнении данных операций

возможны: порезы; защемления, захваты в движущихся частях механизмов; удары об твердые части оборудования и инструмента.

При выполнении слесарных работ необходимо соблюдать правила техники безопасности согласно РД 34.03.204 «Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями».

При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться посторонними делами и разговорами и не отвлекать других. Внимательно осмотреть место работы, привести его в порядок, убрать все мешающие работе посторонние предметы.

Проверить наличие и исправность инструмента, приспособлений и средств индивидуальной защиты (защитных очков, перчаток и т. п.).

При работе применять только исправные инструменты и приспособления.

При работе на ножницах или вальцах надежно зажимать деталь. При спуске рычага остерегаться удара по ноге и защемления руки между ножами или вальцами [35].

Так же в цехах производят работу на шлифмашине с быстродвижущейся кромкой отрезного диска.

К самостоятельной работе с угловой шлифовальной машинкой допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие:

- предварительный(при поступлении на работу) или периодический медицинский осмотр и годные по состоянию здоровья;
- вводный инструктаж по охране труда и пожарной безопасности;
- первичный инструктаж на рабочем месте по охране труда и пожарной безопасности;
- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и оказанию первой помощи, пострадавшим при несчастных случаях на производстве.

При работе с угловой шлифовальной машинкой необходимо:

– соблюдать требования к эксплуатации угловой шлифовальной машинки;

– соблюдать правила безопасности и охраны труда при работе с угловой шлифовальной машинкой;

– использовать по назначению и бережно относиться к выданным средствам индивидуальной защиты.

8.2.2.6 Психофизические факторы

Физическая нагрузка может быть связана с перемещением материалов, полуфабрикатов, готовых изделий и т.п. на необходимые расстояния и обуславливать динамическую перегрузку.

Статическая нагрузка обусловлена необходимостью работающему прилагать усилия без перемещения всего тела или отдельных частей тела. Она определяется весом удерживаемого груза (величиной прилагаемого усилия) и временем удержания.

При выполнении трудовых функций работающий может находиться в вынужденной позе (наклонные положения тела, вынужденные наклоны, выполнение работы только стоя, на коленях, на корточках и т.п.). Трудовая деятельность, связанная с выраженной двигательной активностью, при величинах нагрузок, превышающих физиологически обоснованные оптимальные и допустимые значения, оказывает неблагоприятное воздействие на состояние здоровья работающего.

При проектировании рабочего места следует учитывать, что фиксированная рабочая поза физиологически не оправдана, так как она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, приводящие к профессиональным заболеваниям (варикозному расширению вен, геморрою и др.).

При проектировании рабочих мест необходимо стремиться к тому, чтобы рабочая поза была как можно ближе к естественной позе человека. Поэтому целесообразно предусматривать возможность работы как стоя, так и

сидя. Особого внимания заслуживает проектирование кресел для лиц, постоянно выполняющих работу сидя за пультами управления. Конструкция кресла должна быть такой, чтобы как можно равномернее распределить давление тела на площадь опоры. Это возможно тогда, когда кресло в наибольшей степени соответствует анатомическому строению человека.

Монотонной работой называют такую работу, отличительными признаками которой служит однообразие рабочих действий, их многократное повторение и небольшая длительность.

Однако и длительная операция, состоящая из однообразных циклов, также может быть монотонной. Все зависит от структуры самой операции – количества, содержания и характера составляющих ее элементов. Общим признаком для всех монотонных работ является перегрузка информацией при выполнении работ или, наоборот, ее недостаток, что накладывает отрицательный отпечаток на функциональное состояние человека – работающий теряет интерес к работе.

Основные меры по уменьшению влияния монотонности на человека:

- делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела;

- осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;

- применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы;

- устанавливать переменный ритм конвейера в течение рабочего дня; наиболее предпочтителен свободный темп конвейера;

– осуществлять эстетичность производства и функциональное музыкальное оформление производственного процесса.

8.2.2.7 Термическая опасность

Термическая опасность – опасность, возникающая при горении, повышенной температуры поверхности или повышенной температуре вдыхаемого газа.

В процессе сварки свариваемый металл разогревается вплоть до температуры испарения, а вследствие нестабильного горения сварочной дуги возможно разбрызгивание расплавленного металла. В результате разбрызгивания расплавленный металл может попасть на незащищённые участки тела и вызвать серьезные ожоги. Для предупреждения образования ожогов необходимо принятие специальных мер.

Меры предосторожности от термической опасности:

- использование спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- принудительная вентиляция рабочей зоны;
- использование защитных экранов;
- работник должен быть аттестован по технике безопасности и противопожарной безопасности.

8.3 Экологическая безопасность

8.3.1 Влияние производственного процесса на окружающую среду

При выполнении сварочных операций атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем. В его составе находятся вредные для здоровья оксиды металлов.

При механизированной сварке в среде углекислого газа плавящейся электродной проволокой Св-08Г2С значение показателей удельного количества выделяемых загрязняющих веществ в атмосферу не превышает допустимых пределов, и составляет меньший показатель загрязнения по сравнению с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами УОНИ 13/55.

В связи с тем, что при МП сварке в среде защитного газа не образуется шлаковая корка, а также отсутствует необходимость в утилизации остатков электродов (по причине их отсутствия) влияние на почвенные и водные ресурсы отсутствуют.

8.3.2 Применяемые мероприятия по защите окружающей среды

Для уменьшения концентрации вредных веществ на рабочих местах при производстве до предельно допустимых величин применяются местные воздухоотводы (вытяжные панели и фильтровытяжные агрегаты, вытяжные шкафы и др.). Задачей вентиляции является обеспечение чистоты воздуха и заданных метеорологических условий в производственных помещениях. Вентиляция достигается удалением загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачей в него свежего воздуха. Воздух, удаляемый системами вентиляции и содержащий пыль, вредные или неприятно пахнущие вещества, перед выбросом в атмосферу должен очищаться при помощи фильтрующих материалов и устройств с целью обеспечения минимального нецеленаправленного распространения выбрасываемых вредных веществ в атмосферный воздух близлежащих населенных пунктов.

Негативное воздействие на литосферу характеризуется утилизацией твердых отходов (металлическая огарки сварочного электрода, шлак).

Меры по обеспечению экологической безопасности для литосферы:

хранение отходов в специально помещении на предприятии (склад металлических отходов);

переплавка для повторного использования.

Для атмосферы – использование принудительной системы вентиляции с системой отчистки от вредных паров и аэрозолей.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении электросварочных работ на производстве

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016 ЧС - это нарушение нормальных условий жизни и деятельности людей на объекте или определенной территории (акватории), вызванное аварией, катастрофой, стихийным или экологическим бедствием, эпидемией, эпизоотией (болезнь животных), эпифитотией (поражение растений), применением возможным противником современных средств поражения и приведшее или могущее привести к людским или материальным потерям.

Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями на машиностроительном производстве могут являться следующие ситуации:

- пожар;
- взрыв;
- внезапное обрушение зданий, сооружений;
- различного рода аварии (радиационная, промышленная, химическая, биологическая, транспортная).

Основными причинами возникновения обрушения сооружения (сварного – в контексте данной работы), возникающее в процессе его эксплуатации, могут являться:

- физический износ используемого на предприятии оборудования и низкое качество применимого сварочного материала, приводящий к получению конструкции сооружения в качестве готового изделия с низкими прочностными характеристиками и эксплуатационными показателями;
- низкое качество материала конструкции, несоответствующее сертификату входного контроля;
- несоблюдение технологии сварки, приводящее к созданию металлоконструкции, несоответствующей поставленным требованиям по качеству.

Разрушение рабочих сварных соединений влечет за собой выход из строя конструкции фермы в целом. Это может привести к частичному или полному разрушению сооружения, что повлечет за собой угрозу здоровью и жизни, находящемуся в производственном помещении персоналу. Следовательно, при сборке и сварке металлоконструкции следует в полной мере следовать технологии, прописанной в комплекте технологической документации.

Взрыво- и пожароопасные ситуации возможны при несоблюдении правил техники безопасности на рабочем месте, и в особенности при неосторожном обращении со сварочными материалами и оборудованием. Пожар – это неконтролируемое горение, причиняющее вред здоровью человека либо имуществу.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей и имущества. Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен присутствовать

«План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения возгорания и указывающий места расположения противопожарной техники.

8.4.2 Применяемые мероприятия по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

С целью предотвращения пожаров необходимо осуществлять проверку на отключение всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети при покидании рабочего помещения. Также, во избежание пожароопасных ситуаций, инженер сварочного производства обязан следовать правилам техники безопасности на рабочем месте, согласно установленным предприятием требованиям.

При проведении сварочных работ рабочие должны быть обеспечены спецодеждой, не имеющей следов нефтепродуктов, защитными масками (очками) и другими специальными средствами защиты.

При проведении сварочных работ на рабочем месте должны быть размещены первичные средства пожаротушения.

В нашем случае оборудуем участок специальными средствами пожаротушения:

- пожарной цистерной с водой (нельзя тушить электроустановки под напряжением, карбида кальция и т.д.) - 2 шт.;

- огнетушитель ОП-5 (порошковый) (для тушения начинающегося пожара твёрдых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей) – 2 шт.;

- огнетушитель углекислотный ОУ-5 (для тушения горючих жидкостей, электроустановок и т.д.) – 2 шт.;

- ящик с сухим и чистым песком (для тушения различных видов возгорания)

В случае возникновения пожара необходимо выполнить следующие действия:

- принять меры к вызову на место пожара непосредственного руководителя или других должностных лиц;

- оповестить персонал производственного помещения и принять меры к тушению очага пожара;

- горящие части электроустановок и электропроводку, находящиеся под напряжением, тушить углекислотным огнетушителем.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве таких как повышенный уровень шума, психофизические факторы, неудовлетворительный микроклимат, запылённость воздуха, электробезопасность, ультрафиолетовое облучение, термическая опасность и опасность при работе на механическом оборудовании. Предложены

мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций и их ликвидации в случае возникновения.

Так же рассмотрены меры предотвращения чрезвычайных ситуаций, профилактические мероприятия и меры по ликвидации её последствий.

Можно сделать вывод по проведённой работе, что рабочее место в итоге соответствует НТД.

Заключение

В результате выполненной выпускной квалификационной работы была разработана технология сборки и сварки трапецеидальной стропильной фермы, а также была выполнена планировка расстановки оборудования в производственном цеху для мелкосерийного производства стропильных ферм.

Выбран оптимальный способ сварки, сварочные материалы и параметры режима сварки, сборочно-сварочное оборудование.

В экономической части проведен анализ конкурентных технических решений, были выявлены преимущества и недостатки технологии по сравнению с конкурентами. Преимуществами предложенной технологии является: технологичность, безопасность и высокое качество продукции.

В результате проведенного SWOT - анализа были рассмотрены слабые и сильные стороны проекта, а также возможные угрозы, из - за которых проект может не реализоваться. Исходя из анализа, можно сделать вывод, что реализация полностью оправдана, а реальных угроз выявлено не было.

Проведен анализ вредных и опасных ситуаций на производстве. Предложены мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуации и их ликвидации в случае возникновения.

Результаты ВКР могут найти практическое применение на производстве по изготовлению сварных ферм и других металлоконструкций.

Список использованных источников

1. Горев В.В. Металлические конструкции. – М: Высшая школа, 2004. – 551 с.
2. Белоконь В.М. Производство сварных конструкций. – М: Высшая школа, 1998. – 357 с.
3. Куркин С.А. Технология механизация и автоматизации производства сварных конструкций. – М: Машиностроение, 1989. – 319 с.
4. Ковтунов А.И. Проектирование сборочно-сварочных цехов. – Тольяти: Изд-во ТГУ, 2006. – 55 с.
5. Трущенко Е.А. Технологические основы сварки давлением и плавлением. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 80 с.
6. Азаров Н.А. Производство сварных конструкций. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 146 с.
7. РД 34.15.132-96 Сварка и контроль качества соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов.
8. Дедюх Р.И. Технология сварки плавлением. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 146 с.
9. РД 03-606-03 Инструкция по визуальному измерительному контролю.
10. ГОСТ Р 55724-2013 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
11. Красовский А.И. Основы проектирования сварочных цехов. – М: Машиностроение, 1980. – 319 с.
12. Видев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
13. СанПиН 2.2.4.548-96 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

14. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

15. РД 34.03.204 Правила безопасности при работе с инструментом и приспособлениями.

16. ГОСТ 12.1.007.0-75 Система стандартов безопасности труда.

17. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда.

18. Пожарная безопасность. Общие требования.

Приложение А
(обязательное)

Чертеж общего вида отправочной марки фермы

Приложение Б
(обязательное)
Спецификация

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ФЮРА.6128.014ВО	Чертеж общего вида		
				<u>Детали</u>		
		1	ФЮРА.6128.014.01	Заглушка 210x210x5	4	
		2	ФЮРА.6128.014.02	Заглушка 180x180x5	4	
		3	ФЮРА.6128.014.03	Заглушка 110x110x5	12	
		4	ФЮРА.6128.014.04	Заглушка 90x90x5	16	
		5	ФЮРА.6128.014.05	Накладка 555x200x5	1	
		6	ФЮРА.6128.014.06	Накладка 540x170x5	1	
		8	ФЮРА.6128.014.08	Плита 250x250x32	2	
		9	ФЮРА.6128.014.09	Фасонка 1020x495x10	2	
		10	ФЮРА.6128.014.10	Фасонка 890x340x10	2	
		11	ФЮРА.6128.014.11	Фасонка 665x365x10	1	
		12	ФЮРА.6128.014.12	Фасонка 570x370x10	2	
		13	ФЮРА.6128.014.13	Фасонка 550x350x10	2	
		14	ФЮРА.6128.014.14	Фасонка 450x380x10	2	
		15	ФЮРА.6128.014.15	Фасонка 435x380x10	2	
		16	ФЮРА.6128.014.16	Фасонка 515x335x10	1	
		17	ФЮРА.6128.014.17	Фасонка 285x230x10	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		18		Труба квадратного сечения 180x180x10 ГОСТ 8639-82	2	12280мм
ФЮРА.6128.014						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Абдугалларов х.			Лист	Листов
Пров.		Гордынец А.С.			1	2
Н.контр.					ИШНКБ	
Утв.					3-1651	
Отправочная марка фермы						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		19		Труба квадратного сечения 150x150x10 ГОСТ 8639-82	2	11370мм
		20		Труба квадратного сечения 80x80x9 ГОСТ 8639-82	2	3260мм
		21		Труба квадратного сечения 80x80x9 ГОСТ 8639-82	2	2715мм
		22		Труба квадратного сечения 80x80x9 ГОСТ 8639-82	2	2010мм
		23		Труба квадратного сечения 60x60x8 ГОСТ 8639-82	2	2730мм
		24		Труба квадратного сечения 60x60x8 ГОСТ 8639-82	2	1840мм
		25		Труба квадратного сечения 60x60x8 ГОСТ 8639-82	2	1105мм
		26		Труба квадратного сечения 60x60x8 ГОСТ 8639-82	2	430мм
		27		Уголок 100x100x14 ГОСТ 8509-93		

Инв. № _____
 Изм. Лист _____
 № докум. _____
 Поп. и дата _____
 Инв. №докум. _____
 Поп. и дата _____
 Взам. инв. _____
 Поп. и дата _____

ФЮРА.6128.014

Лист
2

Приложение В

(обязательное)

Комплект технологической документации

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			

										ФЮРА 02190.001		1				
										НИТПУ				ФЮРА 02190.001		
										Узлы стропильной фермы				У		

Министерство образования и Науки Российской Федерации
 Национальный исследовательский Томский Политехнический Университет

Согласовал:
 Доцент ОЭИ НИТПУ
 Гордынец А.С.

Утвердил:

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
 На технологический процесс сборки и сварки отправочной марки стропильной фермы

Проконтролировал:
 Першина А.А.

Разработал:
 Абдугаппаров Хуршид

АКТ № 14-82 от 16.04.83

СП70.13330.2014

Дубл.																			
Взам.																			
Побл.																			

ФЮРА 02190.001

2

Разработал Абдугаппаров Х.

НИТПУ

ФЮРА 20190.001

Проконтр. Гордынец А.С.

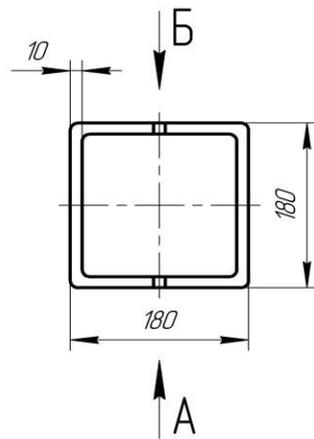
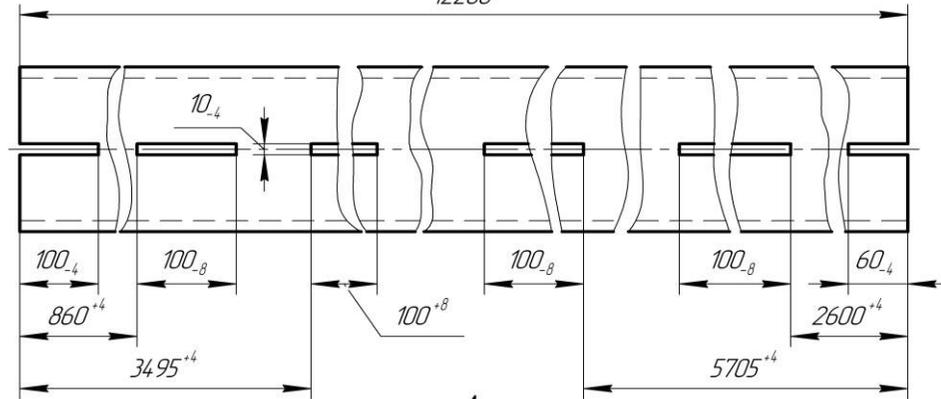
Узлы стропильной фермы

у

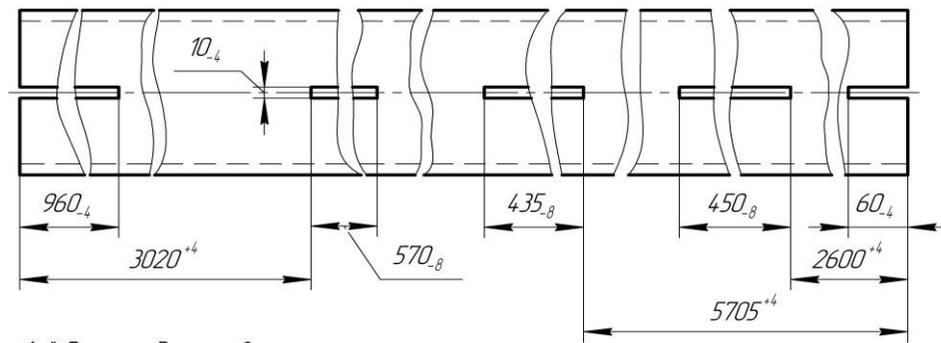
005

Б

12280



А



1 * Размеры для сборки

КЭ

Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

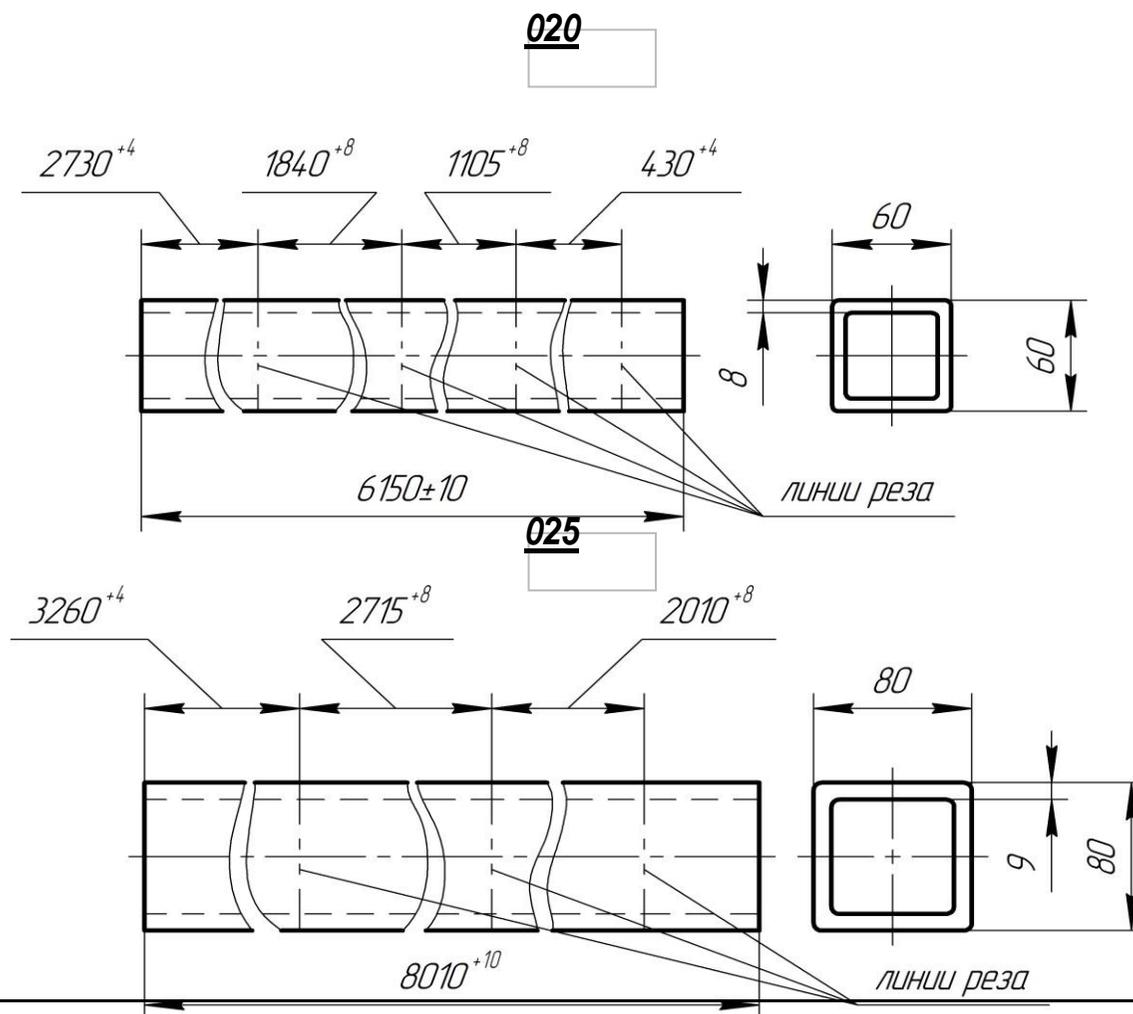
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.001

5

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.005



КЭ

Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

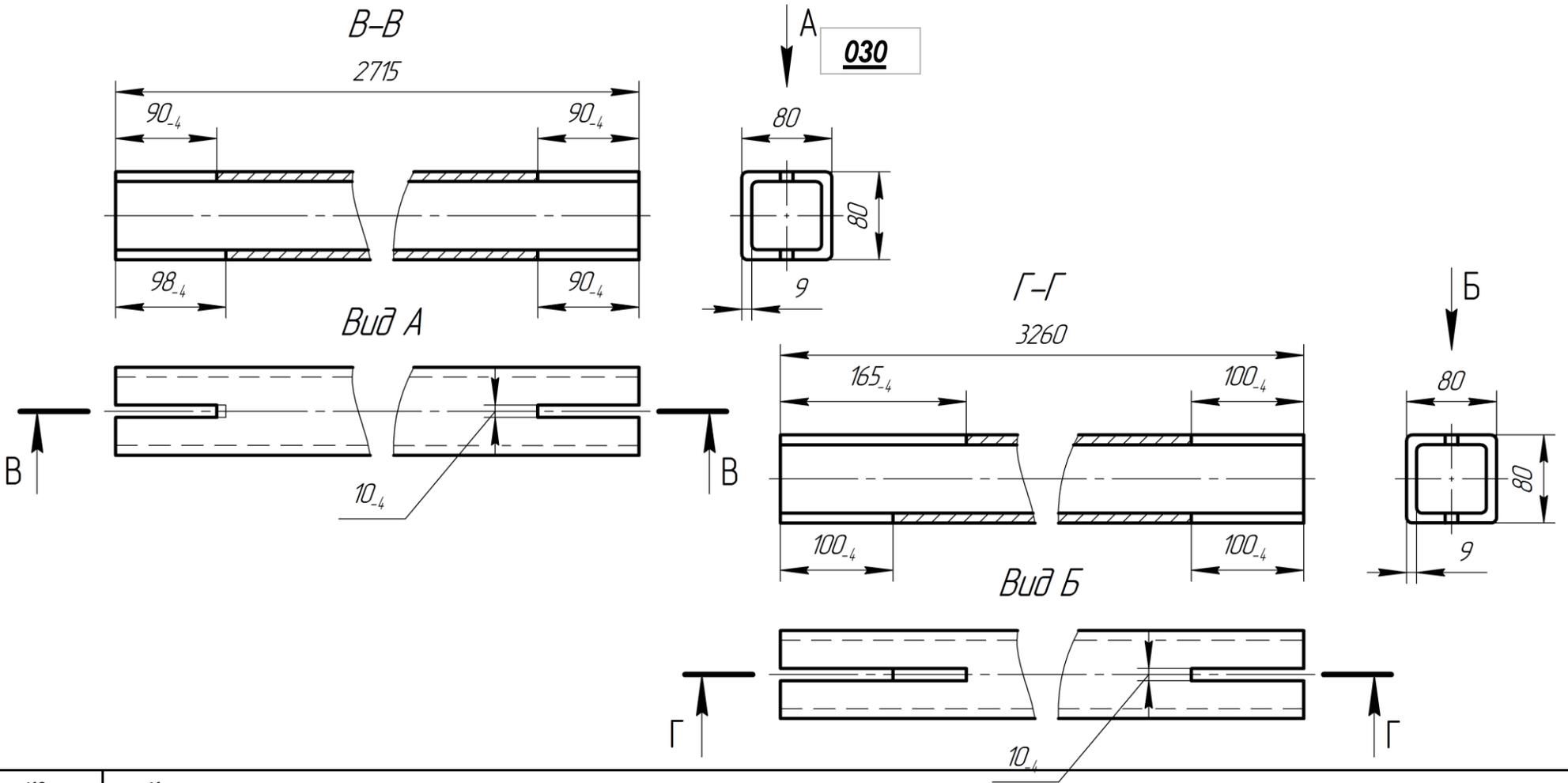
--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.001 6

--	--	--	--	--	--	--	--

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.006



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

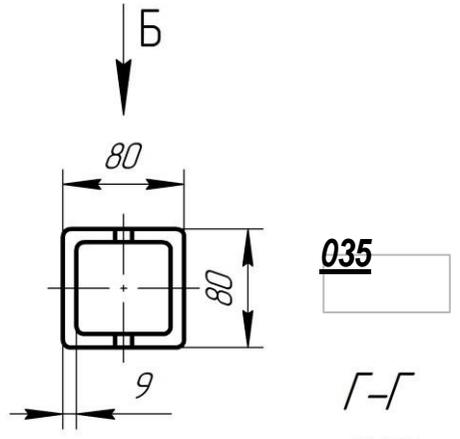
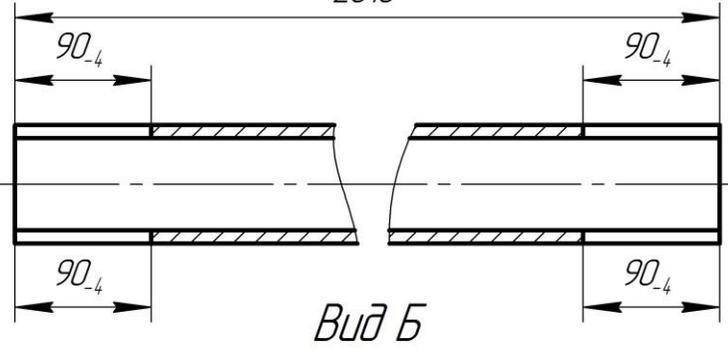
ФЮРА 02190.001 7

--	--	--	--	--	--	--	--

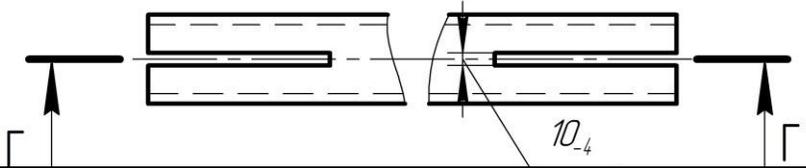
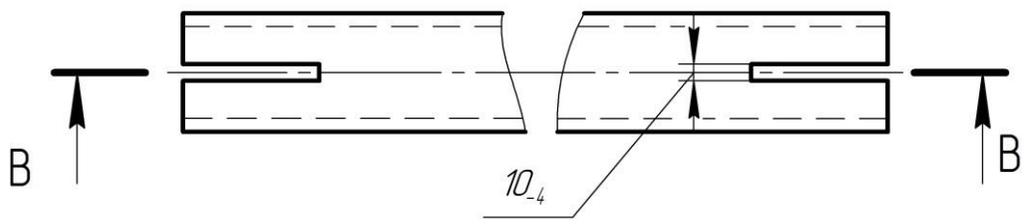
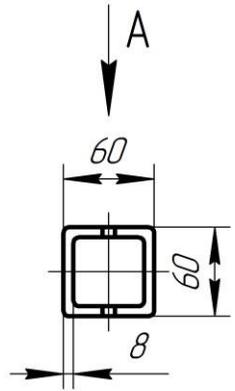
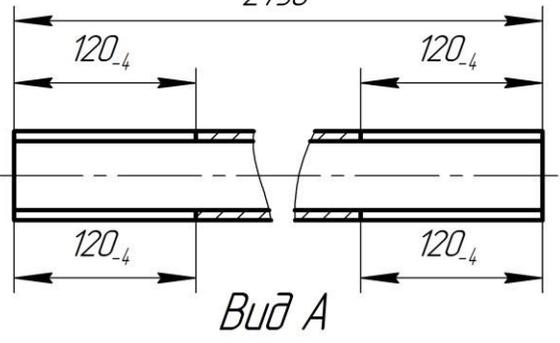
Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.007

B-B 030
2010



Г-Г
2730



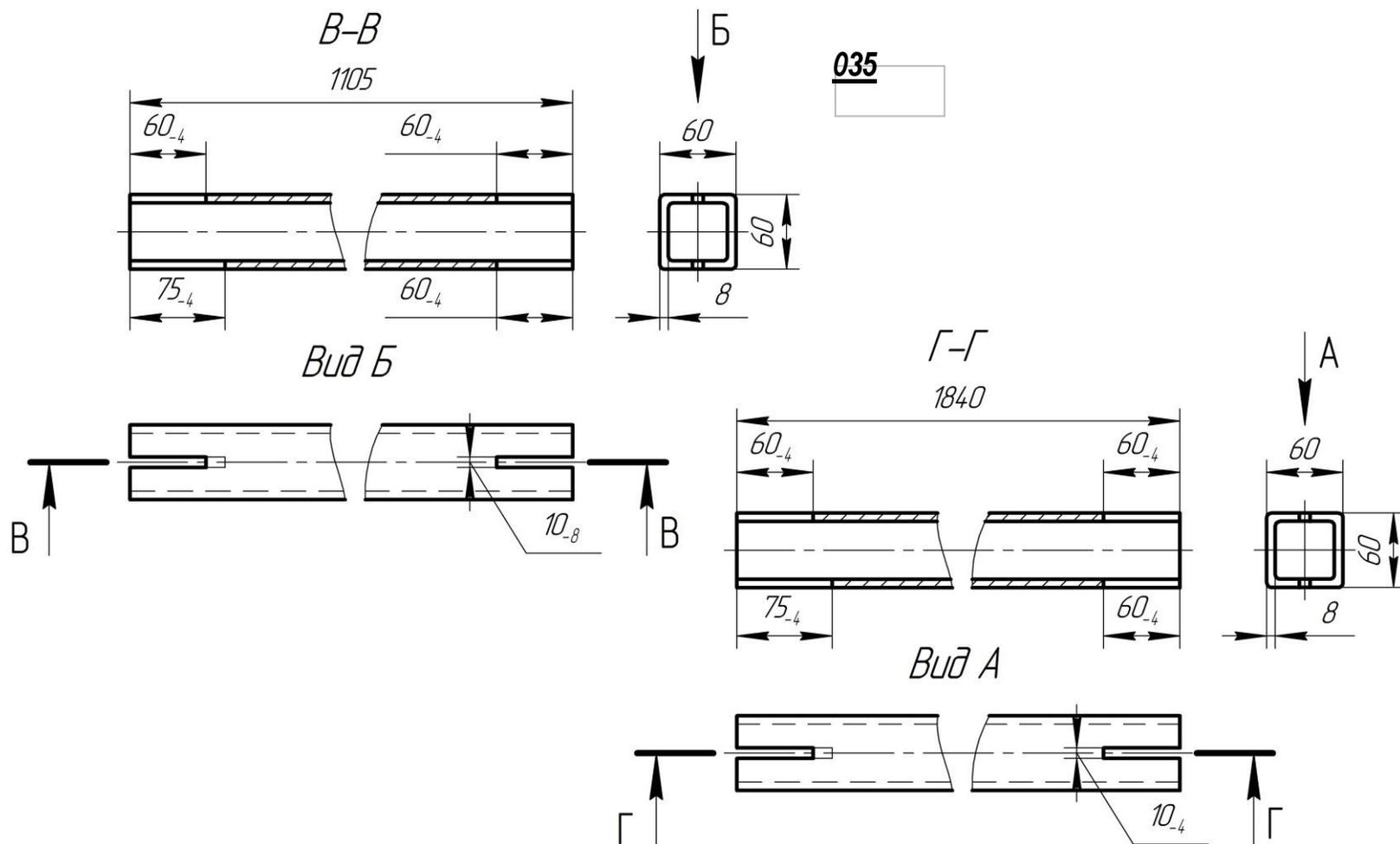
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.001

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.008



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

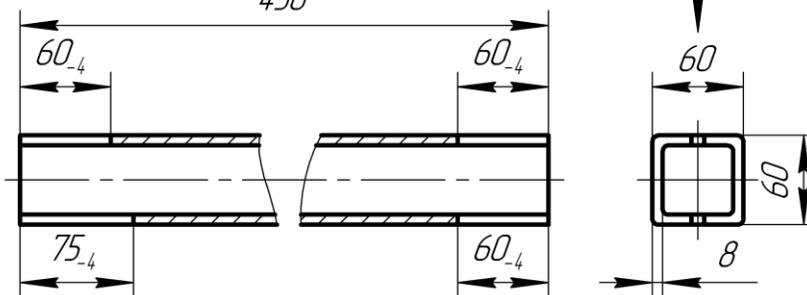
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.001

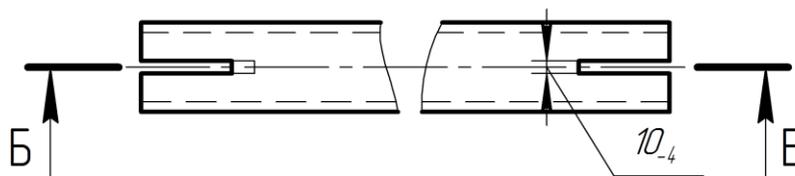
9

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.009

035Б-Б
430

Вид А



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

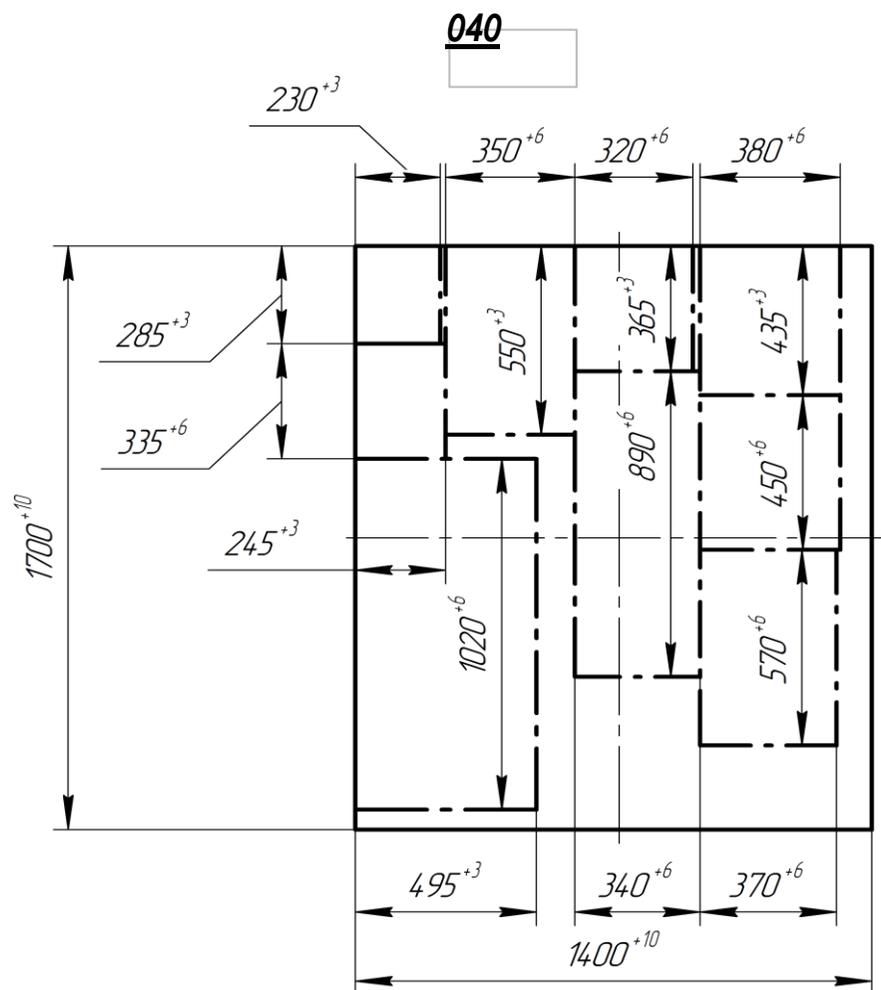
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.001

10

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.010



КЭ

Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

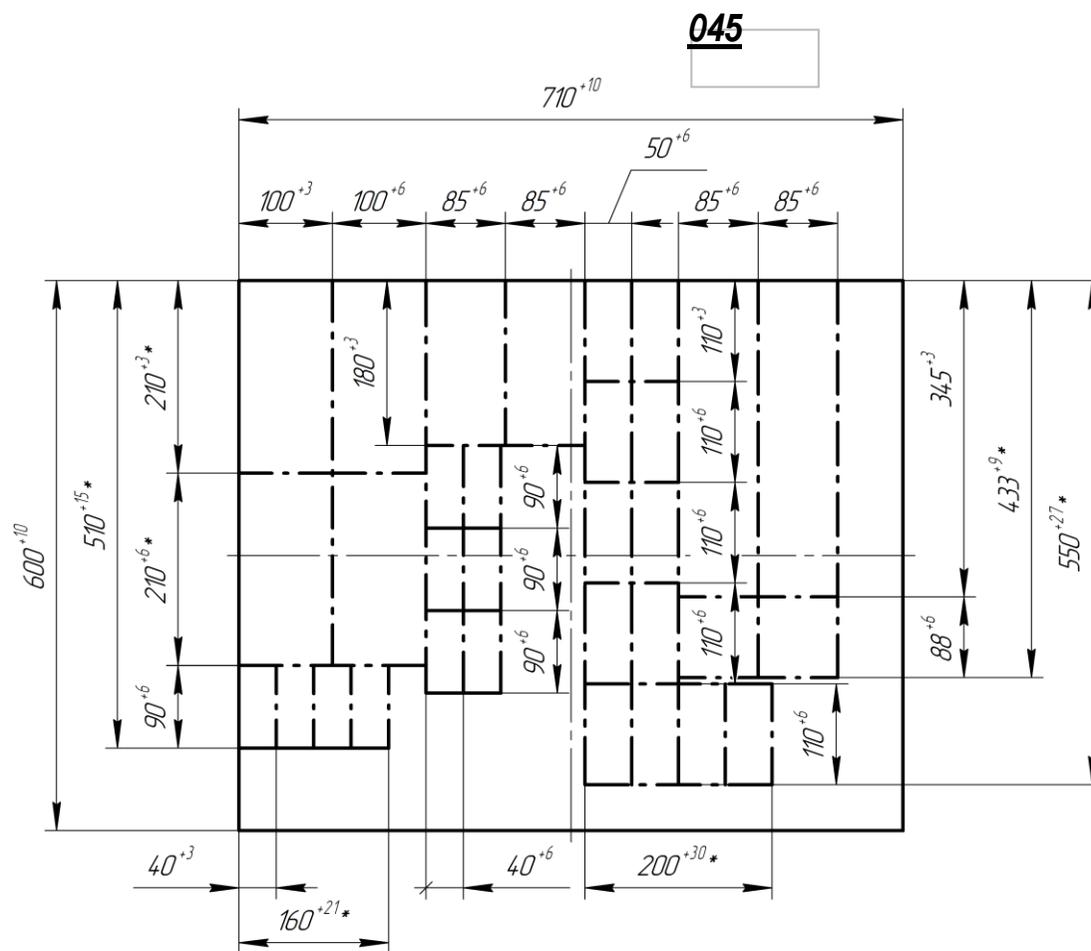
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.004

11

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.011



1. * Размеры для справки.

КЭ

Карта эскизов

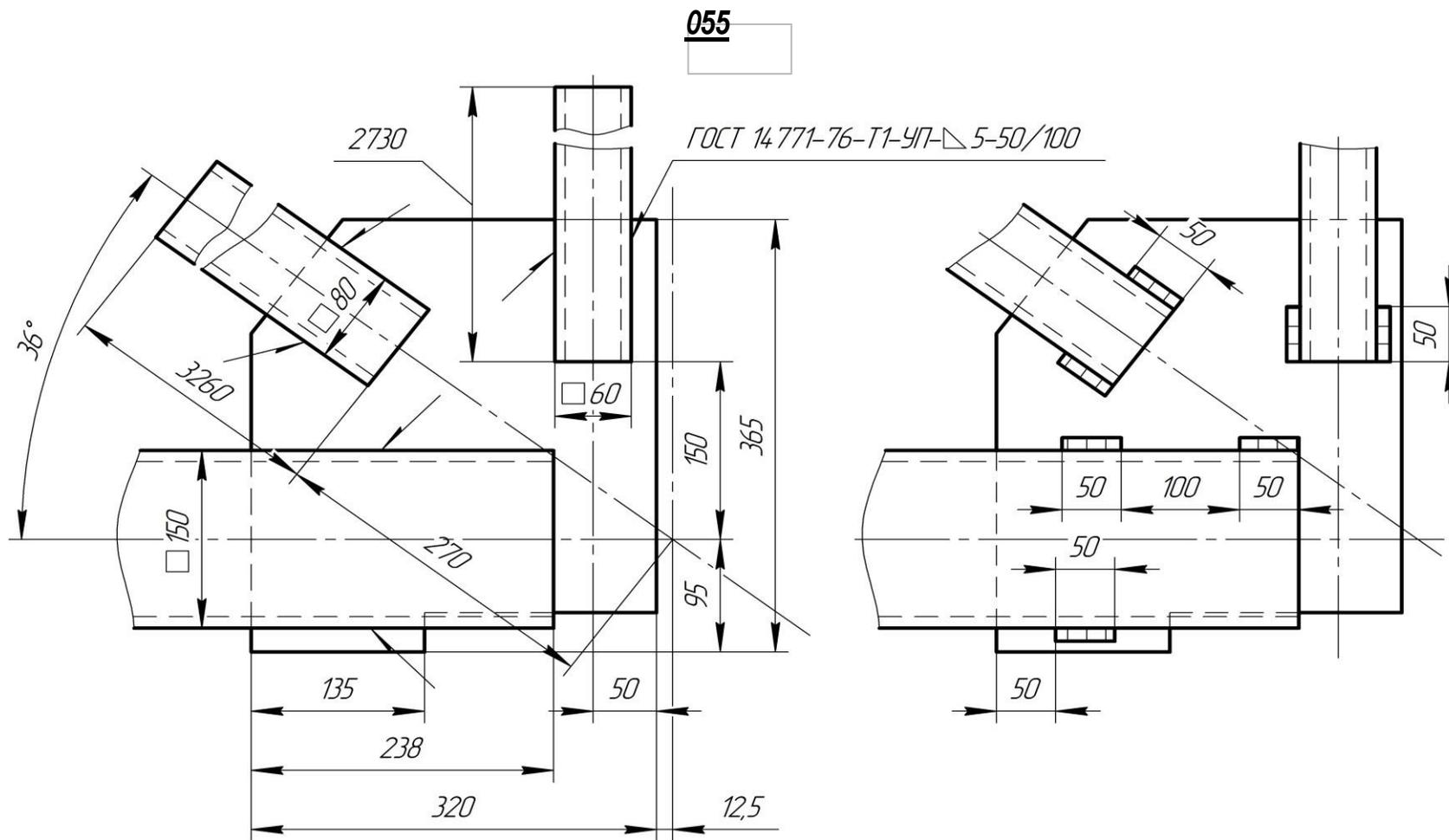
Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.001 14

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.014



ГОСТ 3.1105-84, форма 1/а

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

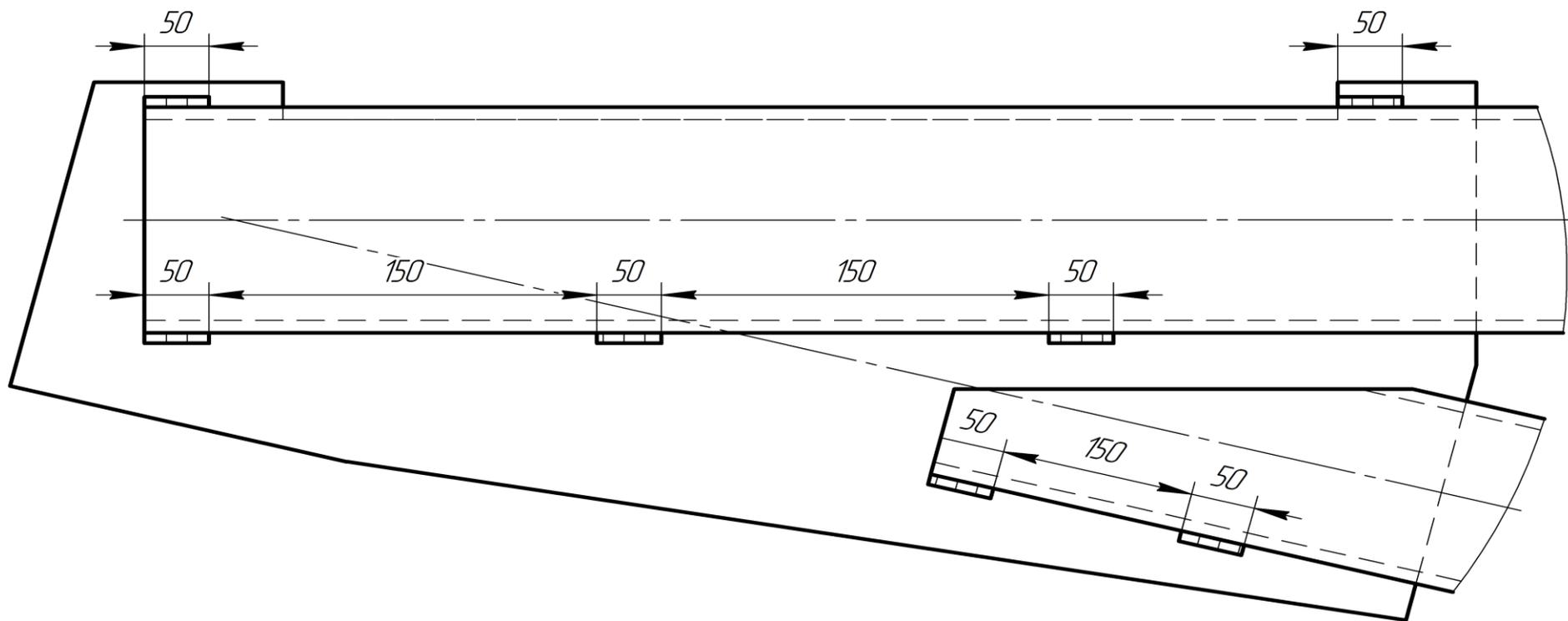
ФЮРА 02190.001

24

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.024

095



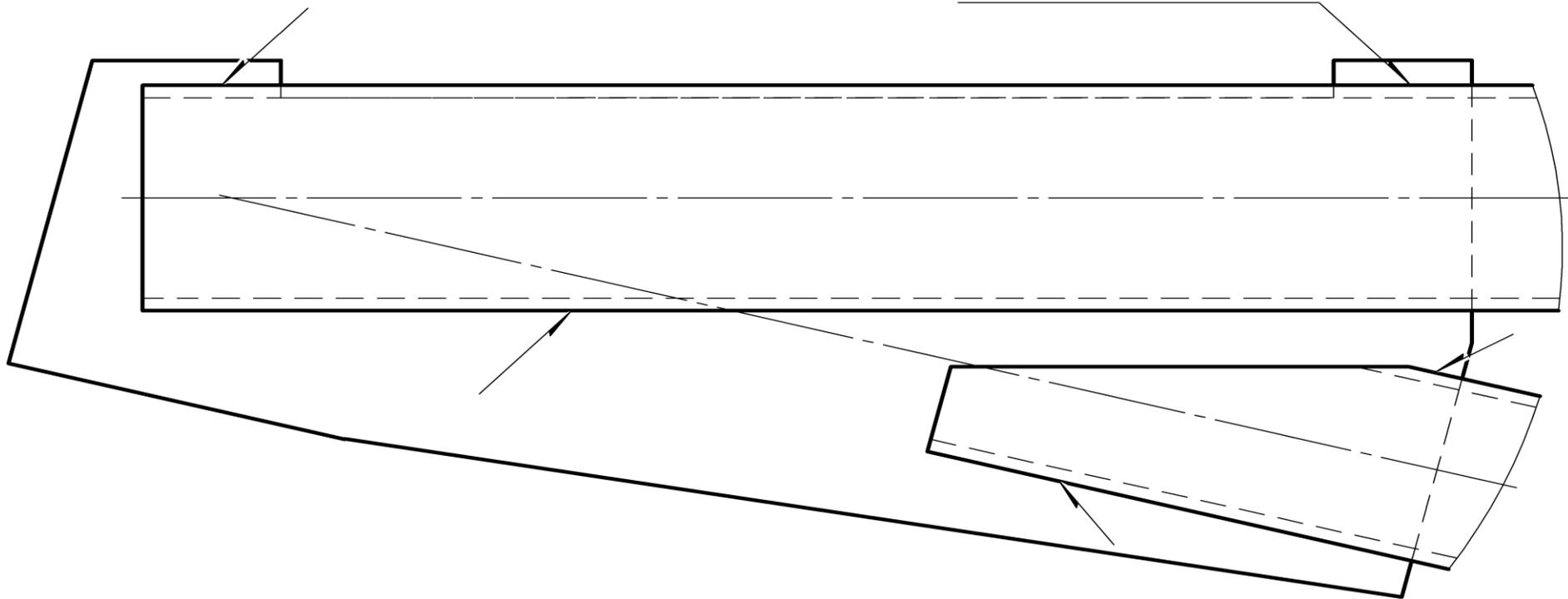
КЭ

Карта эскизов

								ГОСТ 3.1105-84, форма 1а				
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
										ФЮРА 02190.001		25
										Узлы стропильной фермы		ФЮРА 20190.025

100

ГОСТ 14.771-76-Т1-УП-8



КЭ

Карта эскизов

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

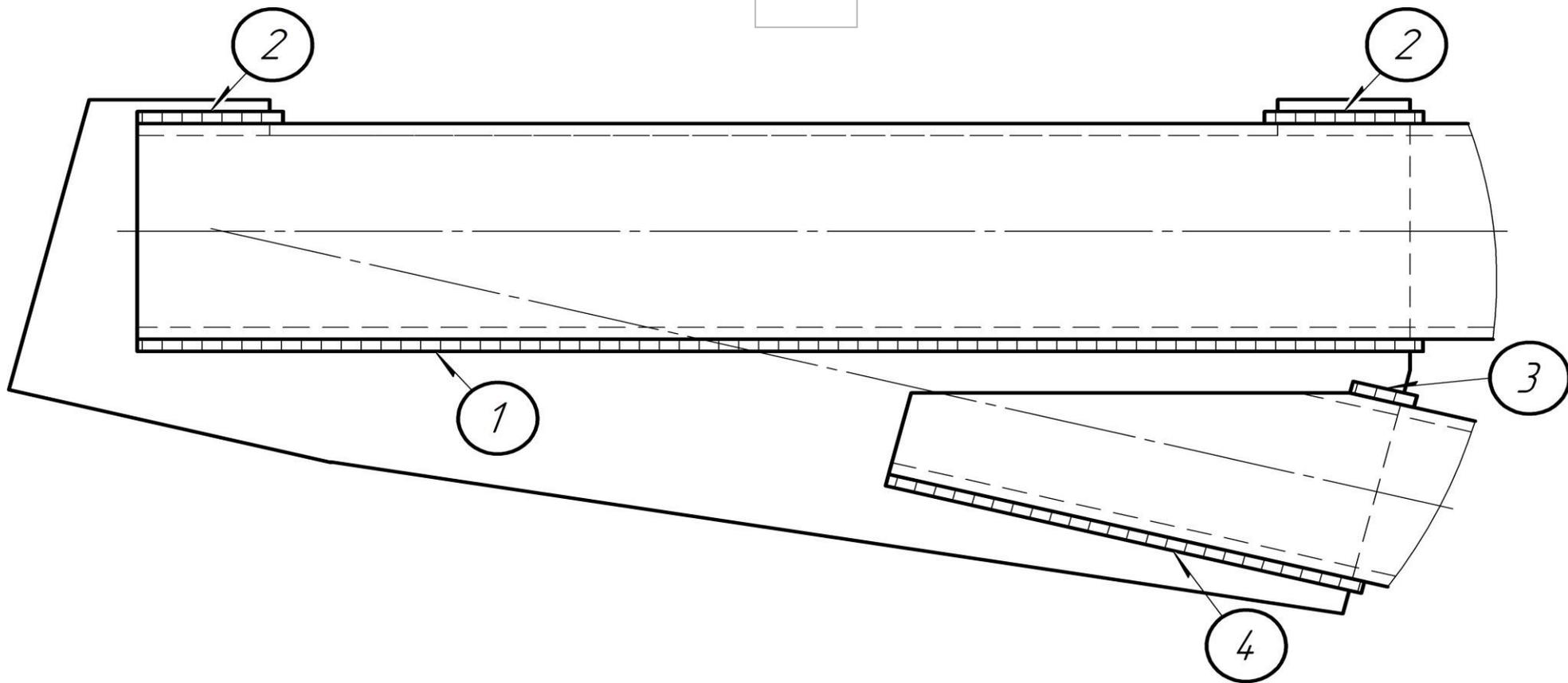
ФЮРА 02190.001

26

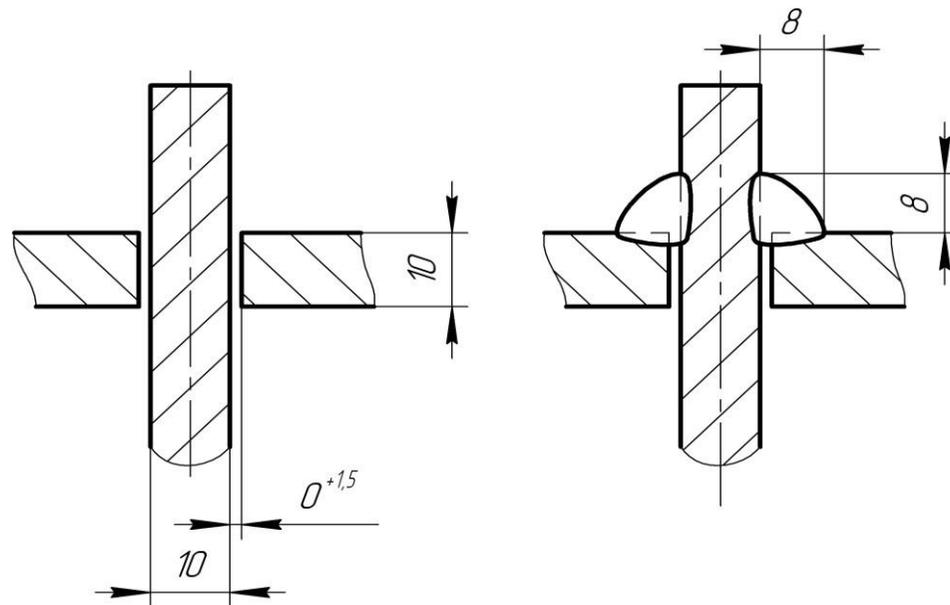
Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.026

100



								ГОСТ 3.1105-84, форма 1а					
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
										ФЮРА 02190.001		27	
										Узлы стропильной фермы		ФЮРА 20190.027	



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

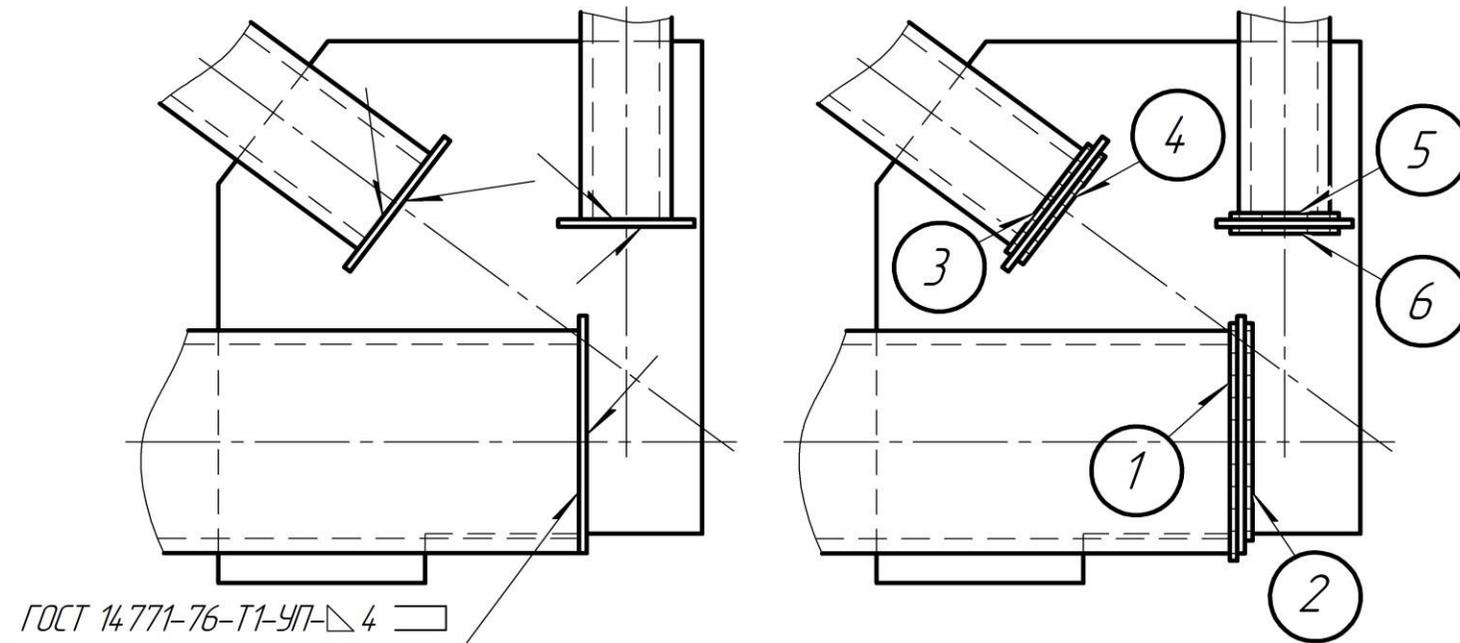
ФЮРА 02190.001

30

Узлы стропильной фермы

ФЮРА 20190.030

105



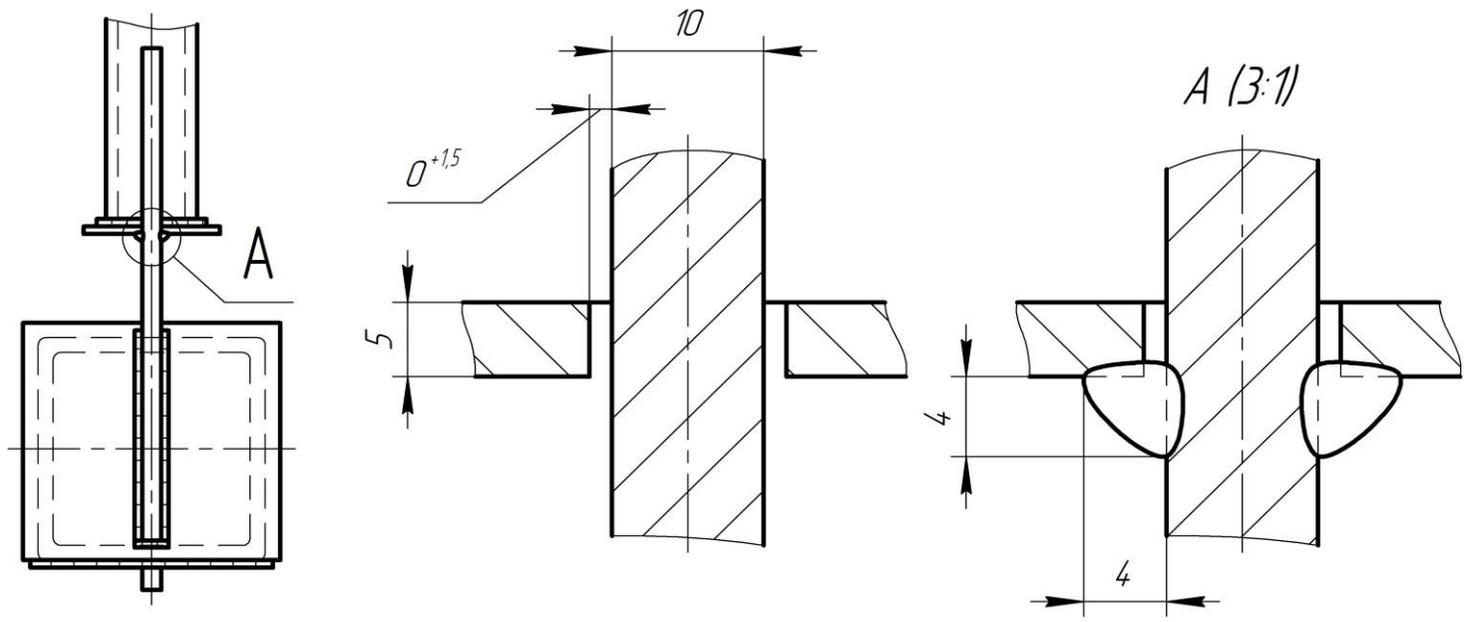
ГОСТ 3.1105-84, форма 1а

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ФЮРА 02190.001 31

Узлы стропильной фермы ФЮРА 20190.031



										ГОСТ 3.1118-82		форма 1б				
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
												34				
										Узлы стропильной фермы		ФЮРА 10190.001				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код, наименование, оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
К/М21	Толщина стенки s=8 мм; Высота стенки h=□60 мм					ГОСТ 8639-82										
О22	Согласно Карте Эскизов ФЮРА 20190.005 выполнить резку трубы на заготовки, выдерживая заданные размеры. Поверхности в местах реза зачистить от окалины и наплывов металла															
Т23	Маркер, рулетка, линейка, транспортир, УШМ															
24																
А25	1	1	2	025	Заготовительная					ИОТ №1 СП 53-101-98						
Б26	Оборудование для газовой резки стального листа					2	11618	3	1	1	1					
К/М27	Профильная труба квадратного сечения Ст3СП Толщина стенки s=9 мм; Высота стенки h=□80 мм					ГОСТ 8639-82										
О28	Согласно Карте Эскизов ФЮРА 20190.005 выполнить резку трубы на заготовки, выдерживая заданные размеры. Поверхности в местах реза зачистить от окалины и наплывов металла															
Т29	Маркер, рулетка, линейка, транспортир, УШМ															
30																
МК	Маршрутная карта															

										ГОСТ 3.1118-82		форма 16				
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
												35				
										Узлы стропильной фермы		ФЮРА 10190.001				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код, наименование, оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб.единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
А31	1	1	2	030	Заготовительная					ИОТ №1 СП 53-101-98						
Б32	Оборудование для газовой резки стального листа					2	11618	3	1	1	1					
К/М33	Заготовки профильной трубы квадратного сечения Ст3СП					ГОСТ 8639-82										
	Толщина стенки s=9 мм; Высота стенки h=80 мм															
О34	Согласно Карте Эскизов ФЮРА 20190.006 и ФЮРА 20190.007 получить отверстия прямоугольной формы в двух диаметрально-противоположных стенках трубы, выдерживая заданные размер Ширина отверстия b=10 м. Поверхности в местах реза зачистить от окалины и наплывов металла															
Т35	Маркер, рулетка, линейка, транспортир, УШМ															
36																
А37	1	1	2	035	Заготовительная					ИОТ №1 СП 53-101-98						
Б38	Оборудование для газовой резки стального листа					2	11618	3	1	1	1					
К/М39	Заготовки профильной трубы квадратного сечения Ст3СП					ГОСТ 8639-82										
	Толщина стенки s=8 мм; Высота стенки h=60 мм															
О40	Согласно Карте Эскизов ФЮРА 20190.007, ФЮРА 20190.008 и ФЮРА 20190.009 получить отверстия прямоугольной формы в двух диаметрально-противоположных стенках трубы, выдерживая															
МК	Маршрутная карта															

										ГОСТ 3.1118-82		форма 16				
Дубл.																
Взам.																
Подл.																
												37				
										Узлы стропильной фермы		ФЮРА 10190.001				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код, наименование, оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кит.	Тпз	Тшт.
К/М	Наименование детали, сб.единицы или материала					Обозначение, код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.	
К/М51	Горячекатанный листовый прокат Сталь - СтЗСП Толщина листа s=5 мм					ГОСТ 19903-2015										
О52	Согласно Карте Эскизов ФЮРА 20190.011 получить заготовки указанных размеров, выполнив резку листового проката в указанных местах по линиям реза. Произвести зачистку поверхностей в местах реза от окалины и наплывов металла															
Т53	Маркер, рулетка, линейка, транспортир, УШМ															
54																
А55	1	1	2	050	Заготовительная					ИОТ №1 СП 53-101-98						
Б56	Оборудование для газовой резки стального листа					2	11618	3	1	1	1					
К/М57	Заготовки горячекатанного листового проката Сталь - СтЗСП Толщина заготовок s=10 мм					ГОСТ 19903-2015										
О58	Согласно Карте Эскизов ФЮРА 20190.012 и ФЮРА 20190.013 получить заготовки, выполнив резку пластин в указанных местах по линиям реза, выдерживая размеры Поверхности в местах реза зачистить от окалины и наплывов металла															
Т59	Маркер, рулетка, линейка, транспортир, УШМ															
МК	Маршрутная карта															

